

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**



**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN  
DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS: UN CASO DE EVALUACIÓN DE  
LA LOCALIZACIÓN DE UNA PLATAFORMA LOGÍSTICA EN  
LA VIII REGIÓN DE CHILE**

**TESIS DOCTORAL**

**Autor: Jorge Humberto Beyer Barrientos**

**Director: D. José Javier Díez González**

**Madrid, Mayo de 2006**

# AUTORIZACIÓN BIBLIOTECA

En relación con mi Tesis Doctoral (1): diseño de una metodología para determinar la localización de infraestructuras portuarias.  
un caso de evaluación de la localización de una plataforma logística en la VII Región de Chile.  
mediante el presente escrito autorizo su (2):

- (X) Consulta en Biblioteca.
- (X) Reproducción parcial por fotocopia de las páginas/Capítulos ( ): II al VII.
- (x) Reproducción total mediante fotocopia.

con las dos condiciones que seguidamente se indican:

1. Que, por parte de la Dirección de la Biblioteca se me comunique a la dirección que indico al pie del presente escrito, el uso que a tenor de cuanto queda autorizado en este escrito, haya sido objeto la mencionada Tesis Doctoral.
2. Que, en el caso de que alguna parte de su contenido sea, utilizado en alguna publicación o trabajo de carácter científico o técnico, se cite el origen de la información.

Madrid, 3 de Julio de 2.00 6.

AUTOR DE LA TESIS:

Fdo.:.....

Nombre: JORGE HUMBERTO BOYER BARRIENTOS  
Domicilio SERRANO N° 235  
C. Postal \_\_\_\_\_  
Ciudad CONCEPCION - CHILE  
Telf.: 56-41-9915-87

- (1) Indicar el título de la Tesis Doctoral.
- (2) Indicar con una "X" lo que proceda.
- (3) Indicar el número de los Capítulos o páginas que procedan.



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID  
ETS. INGENIEROS DE CAMINOS  
BIBLIOTECA  
RTRO ENTRADA 62431  
N.º DOCUMENTO  
N.º EJEMPLAR  
SIGNATURA 113 c 503





## TESIS DOCTORAL

**Diseño de una metodología para determinar la localización de infraestructuras portuarias: un caso de evaluación de la localización de una plataforma logística en la VIII Región de Chile.**

Tribunal nombrado por el Magnífico y Excelentísimo Señor Rector de la Universidad Politécnica de Madrid el día 14 de julio de 2006.

Presidente D. José Luis Zubiet Irion

Vocal D. Carlos Mataix Aldanueva

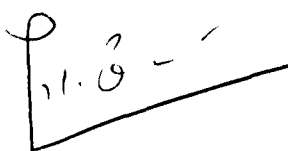
Vocal D. José Aguilan Hernandez

Vocal D. Vicent Josep Estebarri Chopin

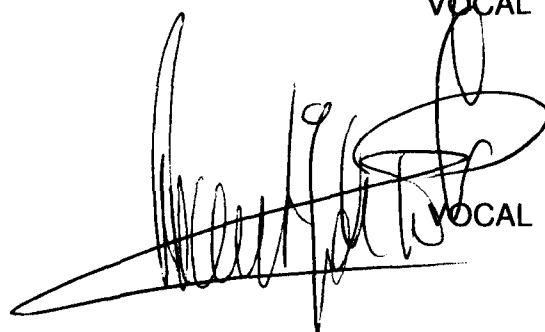
Secretario D. Alberto Camarero Ouel

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día 11 de julio de 2006 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, los miembros del tribunal acuerdan otorgar la calificación de: Sobresaliente

EL PRESIDENTE

  
VOCAL

VOCAL

  
VOCAL



EL SECRETARIO





## CHILE... Tierra de Océano

"Chile es una Tierra de Océano. O sea, un país que por su estructura y posición geográfica no tiene mejor objetivo, ni mejor riqueza, ni mejor destino - más aún- ni otra salvación que el mar.

Para el mar nació, del mar se alimentaron sus aborígenes, por el mar se consolidó su conquista, en el mar se afianzó su independencia, del mar deberá extraer su sustento, sin el mar no tiene sentido su comercio".

(Benjamín Subercaseaux)



## **AGRADECIMIENTOS**

A Wilma, Andrea, Jorge y Francisca por acompañarme en estas andanzas en mundos lejos de casa.

A mis padres.

A la Universidad Católica de la Santísima Concepción, en la cual desempeño mi vida profesional, por apoyar mi perfeccionamiento académico en la UPM.

Al Ministerio de Educación de Chile por el respaldo entregado a mi Universidad en el plan de perfeccionamiento de sus académicos.

A la Universidad Politécnica de Madrid por acogerme.

Al Departamento OTUMA por admitirme en su programa de doctorado de Territorio y Medio Ambiente.

Al profesor Javier Díez por su tutoría y amistad.

A los profesores, Carlos Mataix, Javier Carrasco, Alberto Camarero, Vicente Negro. Pero sobre todo a Dios, por permitir haber vivido y conocido otras realidades y haber hecho amigos en un maravilloso país.



## **RESUMEN**

Este trabajo de tesis doctoral versa sobre determinados aspectos relacionados con el sector marítimo portuario, en particularidad para Chile. Se describe la situación del sistema portuario actual de Chile, referente a su situación geográfica, política y económica. También se realiza un esbozo de los actuales procesos de toma de decisión de la localización de infraestructuras portuarias.

Se expone mediante modelos gráficos algunos conceptos que explican en parte los procesos evolutivos de la distribución de los puertos. También se analizan las posibilidades de Chile para realizar mejoras en algunos aspectos relativos a la eficiencia en el sistema de transporte, en especial, en el trasbordo de mercancías entre los modos marítimos y terrestres.

En el mundo existe experiencia en a) la disciplina de la investigación de operaciones b) en técnicas de programación lineal para problemas multicriterio, que pueden apoyar la propuesta de una metodología para la determinación de la localización de infraestructuras portuarias, que es el objetivo de esta tesis.

Se integra la información respecto a los factores considerados en las decisiones de localización de infraestructuras portuarias, sintetizándolos en un sistema computacional. Se presenta una aplicación de esta metodología para un caso en la VIII región de Chile.

Se indican las conclusiones, aportaciones y futuras líneas de investigación y la bibliografía.





## SUMMARY

This doctoral thesis versed on those aspects related with the port marine sector, especially of Chile. It is described by means of theory of systems the Chilean, Spanish and rest of the world current situation with respect to the processes of taking of decision of the localization of port infrastructures.

The current distribution is explained by means of existent models of ports and the processes that generated this situation, be good or bad, qualification that will be commented in conclusions of this work. The possibilities of the Chileans are also analyzed as for carrying out to improve in some relative aspects to the efficiency in the system of transport, especially, in the transfer from the marine way to the terrestrial one and vice versa.

In the world experience exists in the discipline of the operations research in developing selection models in optimization of alternative of localization of airports, logistical platforms, among other, in technical of lineal programming for multicriteria problems that can support the proposal model of optimization of localization of port infrastructures that is the objective of this thesis.

Integrated information regarding the factors considered in the decisions of localization of port infrastructures and it is synthesized and integrates in a geographical information system. This model is implemented in a computer and is applied for a case in the VIII Region of Chile.

The conclusions and recommendations, possible new investigation lines and the bibliography are indicated that gathers the sources, as much in traditional means as in sources in internet.



# ÍNDICE

## Página

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>vi</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>vii</b>
<b>1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.- PLANTEAMIENTO GENERAL.....	1
1.2.- OBJETIVOS DE LA TESIS.....	3
1.3.- ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.- ESTRUCTURA Y RESUMEN DE CONTENIDOS.....	4
<b>2: REALIDAD TERRITORIAL, SITUACIÓN CHILENA.....</b>	<b>11</b>
2.1.- INTRODUCCIÓN.....	11
2.2.- SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE CHILE.....	12
2.2.1.- Chile continental.....	13
2.2.2.- Chile marítimo.....	14
2.2.3.- Chile antártico.....	16
2.2.4.- Límites de Chile.....	17
2.2.5.- Morfología de Chile continental.....	18
2.2.6.- La costa de Chile.....	20
2.2.6.1.- Zona Costera.....	22
2.2.6.2.- El Borde Costero.....	22
2.3.- SITUACIÓN POLÍTICA DE CHILE.....	23
2.3.1.- La estructura de funcionamiento del estado.....	25
2.4.- SITUACIÓN ECONÓMICA DE CHILE.....	27
2.4.1.- Experiencia económica de Chile.....	29
2.4.2.- Exención de impuestos de aduana.....	30
2.4.3.- Leyes de fomento a la inversión.....	30
2.4.3.1.- Incentivos a la industria petrolera.....	31
2.4.3.2.- Incentivos a la industria de elementos radiactivos.....	31
2.4.3.3.- Incentivos para la zona franca.....	32

2.4.3.4.- Incentivos regionales.....	33
2.4.3.5.- Incentivo a los exportadores.....	33
2.4.4.- Acuerdos de libre comercio.....	34
2.4.5.- Terceros mercados.....	36
2.5.- SISTEMA TERRITORIAL PORTUARIO DE CHILE.....	36
2.5.1.- El borde costero y la ciudad-puerto.....	39
2.5.2.- Ciudades y puertos de Chile.....	43
2.5.3.- Referencia histórica del sistema portuario chileno.....	44
2.5.4.- Los puertos marítimos chilenos en la época colonial.....	45
2.5.4.1.- Puerto de Arica .....	46
2.5.4.2.- Puerto de Iquique .....	46
2.5.4.3.- Puerto de Antofagasta .....	47
2.5.4.4.- Puerto de Coquimbo .....	48
2.5.4.5.- Puerto de Valparaíso .....	48
2.5.4.6.- Puerto de San Antonio.....	52
2.5.4.7.- Puerto de Talcahuano y San Vicente .....	52
2.5.4.8.- Puerto de Puerto Montt.....	53
2.5.4.9.- Puerto de Puerto Chacabuco.....	53
2.5.4.10.- Puerto de Punta Arenas .....	54
2.6.- PROCESO DE CONCESIÓN EN CHILE.....	56
2.6.1.- Estrategia modernizadora.....	56
2.6.2.- Reforma legislativa.....	56
2.6.3.- Propiedad estatal.....	56
2.6.4.- Esquema de operación.....	57
2.6.5.- Magnitud de la inversión .....	57
2.6.6.- Proceso de Licitaciones.....	58
2.7.- PROCESOS DE MODERNIZACIÓN.....	59
2.7.1.- Puertos privados especializa en graneles.....	59
2.7.2.- Unitización de la carga en contenedores.....	61
2.7.3.- Tecnologías de alta velocidad de transferencia.....	62

2.7.4.- Naves de mayor capacidad.....	62
2.7.5.- Eficiencia: Desafío para los países en desarrollo.....	63
2.7.6.- Modelos mundiales.....	64
2.8.- AMERICA LATINA: PROPIEDA ESTATAL Y CONCESIONES PRIVADAS.....	65
2.8.1.- Reforma en Argentina.....	65
2.8.2.- Modernización en Brasil.....	66
2.8.3.- Concesiones en Perú .....	66
2.8.4.- Panorama Nacional.....	67
2.9.- PRINCIPIOS DE GEOGRAFÍA HUMANA DE CHILE.....	70
2.10.-CIUDADES PORTUARIAS DE CHILE.....	72
2.11.- EFECTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE SOBRE LA ECONOMÍA CHILENA.....	73
2.12.- CHILE EN EL CONTEXTO DE LA GLOBALIZACIÓN.....	75
<b>3: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LOCALIZACIÓN DE PROYECTOS PORTUARIOS.....</b>	<b>77</b>
3.1.- INTRODUCCIÓN.....	77
3.2.- MODELOS EXPLICATIVOS DEL DESARROLLO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PUERTOS....	80
3.2.1.- El modelo de Taaffe-Rimmer.....	80
3.2.2.- El modelo de Bird.....	83
3.2.3.- El modelo de Verlaque.....	85
3.2.4.- Modelo de localización en base al mallado del territorio.....	88
3.3.- TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN ÁREA TRANSPORTE....	92
3.3.1.- Evaluación social de proyectos.....	97
3.3.2.- Procesos de decisión y unidades de medición.....	99
3.3.3.- Análisis coste-efectividad.....	100
3.3.4.- Análisis coste-beneficio.....	100
3.3.5.- Metodología multicriterio.....	102
3.3.5.1.- Paradigmas.....	104
3.3.5.2.- Técnicas de decisión multicriterio.....	106
3.3.5.3.- Clasificación de técnicas multicriterio.....	106
3.3.6.- Comparación técnicas de coste-beneficio versus análisis multicriterio.....	109

3.4.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO Y APLICACIONES ESPACIALES.....	112
3.4.1.- Métodos basados en sistemas de información geográfico.....	112
3.4.2.- Uso de sistemas de información geográfico.....	114
3.4.3.- Ventajas de los sistemas de información geográfico.....	116
3.5.- PROCESO ACTUAL DE EVALUACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS EN CHILE.....	117
3.5.1.- Metodología de evaluación efectuada en la región central de Chile.....	120
3.5.1.1.- Identificación de beneficios y costes sociales de un proyecto de ampliación de capacidad portuaria.....	121
3.5.1.2.- Medición de los beneficios y costes sociales del proyecto.....	124
3.5.1.3.- Costes de transporte terrestre.....	127
3.5.1.4.- Criterios de decisión.....	128
<b>4: PROPUESTA DE NUEVA MOTODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA       LOCALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS.....</b>	<b>131</b>
4.1.- INTRODUCCIÓN.....	131
4.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	133
4.3.- MARCO TEORICO DE LA METODOLOGIA PROPUESTA.....	136
4.3.1.- Concepto esquemático de la planificación de la capacidad portuaria .....	138
4.3.2.- Marco teórico de modelos multicriterios.....	141
4.3.2.1.- Algunos conceptos básicos.....	142
4.3.2.2.- El criterio de optimalidad paretiana.....	144
4.3.2.3.- La normalización de los criterios.....	144
4.3.2.4.- La ponderación preferencial de los criterios.....	146
4.3.2.5.- Aspectos básicos de métodos de optimización multiobjetivo.....	148
4.3.2.6.- Técnicas generadoras del conjunto eficiente.....	149
4.3.2.7.- Programación compromiso.....	151
4.3.3.- Uso de sistemas de información geográfico.....	152
4.4.- VARIABLES A CONSIDERAR EN LA METODOLOGIA PROPUESTA.....	155
4.4.1.- Variables económicas.....	155
4.4.1.1.- Estimación de la demanda por servicio portuario en el hinterland a considerar.....	156
4.4.1.2.- Estudio de la oferta de servicio portuario en el hinterland a considerar.....	157

4.4.2.- Variables técnicas.....	157
4.4.2.1.- Requerimientos de terrenos para el desarrollo de las actividades portuarias.....	158
4.4.3.- Requerimientos en los aspectos náuticos de un proyecto portuario húmedo.....	158
4.4.4.- El coste del transporte marítimo.....	159
4.4.5.- Investigación de las condiciones ambientales.....	160
4.4.6.- Relación Ciudad – Puerto.....	164
4.5.- EXPERIENCIA EN METODOLOGÍAS PARA LA DECISIÓN DE INVERSIÓN DE AMPLIACIÓN PORTUARIA .....	166
4.5.1.- Revisión de enfoques existentes.....	166
4.5.2.- Planificación de la red.....	166
4.5.3.- Expansión de la capacidad.....	168
4.5.4.- Modelo de la demanda de transporte.....	169
4.5.5.- Financiamiento de la inversión portuaria.....	169
4.6.- EXPERIENCIA EN USO DE MODELOS MULTICRITERIOS EN PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN.....	171
4.7.- EL MODELO PROPUESTO.....	177
4.7.1.- Las variables a considerar.....	180
4.7.2.- Los criterios.....	180
4.7.2.1.- El V.A.N.o V.P. incremental.....	181
4.7.2.2.- Los costes externos.....	184
4.7.3.- El criterio ambiental.....	187
4.7.4.- El criterio de relación ciudad-puerto.....	188
4.8.- ETAPAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO.....	189
4.8.1.- Primero etapa: Macrolocalización.....	189
4.8.2.- Segundo etapa: Microlocalización.....	189
4.8.3.- Tercera etapa: Optimización multicriterio.....	190
4.9.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	192
<b>5: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN LA VIII REGIÓN DE CHILE.....</b>	<b>193</b>
5.1.- INTRODUCCIÓN.....	193
5.2.- PRESENTACIÓN DEL CASO DE APLICACIÓN EN CHILE.....	195
5.3.- CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR PORTUARIO DE LA VIII REGIÓN DE CHILE.....	197



5.3.1.- Características de la Región del Bío Bío.....	197
5.3.2.- Características del complejo portuario de la VIII Región.....	201
5.4.- DATOS, PARÁMETROS Y VARIABLES A CONSIDERAR EN LA APLICACIÓN.....	204
5.4.1.- Geomorfología.....	204
5.4.2.- Parámetros y variables económicas.....	212
5.4.2.1.- Proyecciones de demanda de servicios portuarios a considerar en el hinterland....	213
5.4.2.1.1.- Proyección de la población al 2050.....	218
5.4.2.1.2.- La población de Chile y su evolución.....	219
5.4.2.2.- Estudio de la oferta de servicio portuario en el hinterland a considerar.....	221
5.4.2.2.1.- Productos embarcados por los puertos chilenos.....	223
5.4.2.2.2.- Análisis general comercio internacional chileno.....	223
5.4.2.2.3.- Importaciones.....	224
5.4.2.2.4.- Exportaciones.....	224
5.4.3.- Alternativas de localización de infraestructuras portuarias.....	227
5.4.3.1.- Un caso: plataforma logística de la VIII Región de Chile.....	229
5.4.3.2.- Ampliación del Puerto de Lirquén.....	230
5.4.3.3.- Ampliación del Puerto de Talcahuano.....	233
5.4.3.4.- Ampliación del Puerto de San Vicente.....	234
5.4.3.5.- Construcción puerto en Bahía San Vicente.....	235
5.4.3.6.- Construcción puerto en costa Camino a Coronel.....	238
5.4.3.7.- Ampliación del Puerto de Coronel.....	239
5.4.4.- Variables técnicas .....	241
5.4.4.1.- Requerimientos de terrenos para el desarrollo de actividades portuarias.....	242
5.4.4.2.- Requerimientos en los aspectos náuticos de un proyecto portuario húmedo.....	243
5.4.4.3.- Batimetrías.....	243
5.4.4.4.- Condiciones ambientales de las localizaciones consideradas.....	244
5.4.4.5.- Vida útil de los proyectos.....	245
5.4.5.- Relación Ciudad – Puerto.....	246
5.4.6.- Costes por construcción o ampliación de puerto.....	249
5.4.6.1.- Coste construcción líneas de atraque.....	250

5.4.6.2.- Coste de dragado.....	254
5.4.6.3.- Coste de obras de abrigo.....	255
5.4.6.4.- Coste por superficie.....	256
5.4.6.5.- Coste por vías de acceso.....	257
5.4.6.6.- Coste por conexión servicios.....	258
5.4.6.7.- Coste por construcción de edificios.....	259
5.4.6.8.- Coste por ampliación de parque de almacenamiento.....	259
5.4.6.9.- Coste por adquisición e instalación de equipos para la operación.....	260
5.4.6.10.- Coste por nuevo personal.....	260
5.4.6.11.- Coste por equipo de gabinete.....	260
5.4.6.12.- Coste por administración.....	261
5.4.6.13.- Coste de no operación.....	261
5.4.7.- Costes externos.....	262
5.4.7.1.- Coste transporte terrestre a hinterland.....	263
5.4.7.2.- Costo transporte marítimo.....	269
<b>6: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, CONCLUSIONES, APORTACIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>271</b>
6.1.- INTRODUCCIÓN.....	271
6.2.- ESQUEMA MODELO MULTICRITERIO.....	274
6.3.- DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE (V.P.).....	275
6.4.- RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	279
6.5.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	285
6.5.1.- Análisis para el escenario 1: mayor peso económico.....	286
6.5.2.- Análisis para el escenario 2: mayor peso ambiental.....	287
6.5.3.- Análisis para el escenario 3: mayor peso social.....	289
6.5.4.- Análisis para el escenario 4: pesos en equilibrio "mix".....	290
6.5.- ANÁLISIS DE SESIBILIDAD UTILIZANDO EXPERTCHOICE.....	294

<b>7: CONCLUSIONES, APORTACIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>307</b>
7.1.- CONCLUSIONES Y APORTACIONES.....	307
7.1.1.- Conclusión respecto a la metodología para determinar la localización de puertos.....	307
7.1.2.- Conclusión sobre la localización de infraestructuras portuarias.....	309
7.2.- PRINCIPALES APORTACIONES.....	313
7.3.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	315
<b>8: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>317</b>

## **ANEXOS**

<b>ANEXO 1: CLIMA MARÍTIMO.....</b>	<b>329</b>
A1.1.- DATOS DE VIENTOS, OLEAJE Y MAREA.....	329
A1.2.- CARTAS NÁUTICAS.....	357
<b>ANEXO 2: DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO ECONÓMICO COSTES DIRECTOS.....</b>	<b>385</b>
A.2.1.- OBTENCIÓN COSTES DIRECTOS PARA LA TERMINA.....	385
A.2.2.- DATOS TÉCNICOS.....	403
<b>ANEXO 3: DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO ECONÓMICO COSTES EXTERNOS.....</b>	<b>411</b>
A.3.1.- MÉTODOS DE OBTENCIÓN COSTES DE TRANSPORTE HACIA Y DESDE HINTERLAND.....	411
A.3.2.- CÁLCULO DE COSTES DE TRANSPORTE HACIA Y DESDE HINTERLAND.....	419
A.3.3.- DATOS DE EXPORTACIÓN E IMPORTACIÓN ESTUDIO CORFO PARA PLATAFORMA LOGÍSTICA DE LA VIII REGIÓN (CORPORACIÓN DE FOMENTO, ESTADO DE CHILE).....	427
<b>ANEXO 4: CALCULO MULTICRITERIO.....</b>	<b>447</b>
A.4.1.- CÁLCULO MATRIZ COMPARACIÓN CRITERIOS AMBIENTAL Y SOCIAL.....	447
A.4.2.- CÁLCULO MATRIZ PRIORIDADES DE ALTERNATIVAS.....	457
<b>ANEXO 5 : CONVENIOS COMERCIO EXTERIOR Y DATOS DE ECONOMÍA.....</b>	<b>461</b>
A.5.1.- CONVENIO COMERCIO EXTERIOR ENTRE CHILE Y OTROS PAÍSES.....	461
A.5.2.- DATOS DE ECONOMÍA DE CHILE.....	475

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2-1: DEUDA EXTERNA V/S PIB, 1986-1999.....	28
GRAFICA 2-2: CRECIMIENTO DEL COMERCIO EXTERIOR CHILENO 1985-1998.....	61
GRÁFICO 3-1: COSTES TOTALES (CON Y SIN PROYECTO).....	123
GRÁFICO 3-2: COSTES MARGINALES PRIVADOS Y SOCIALES.....	123
GRÁFICO 3-3: BENEFICIOS DE UN PROYECTO DE AMPLIACIÓN PORTUARIA.....	125
GRÁFICO 3-4: BENEFICIOS SOCIAL INDIRECTO POR CONSTRUCCIÓN DE UN SITIO EN EL PUERTO NUEVO.....	125
GRÁFICO 3-5: BENEFICIO SOCIAL DIRECTO POR AMPLIACIÓN DE UNA INSTALACIÓN PORTUARIA EN LA REGIÓN.....	127
GRAFICO 5-1: PROYECCIÓN CRECIIENTO CARGA VIII REGIÓN.....	214
GRÁFICO 5-2: CHILE: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN TOTAL AL 30 DE JUNIO 1950 – 2050.....	220
GRÁFICO 5-3: CHILE: EVOLUCIÓN DE LAS TASAS DE NATALIDAD Y MORTALIDAD, POR QUINQUENIO 1950 – 2050.....	221

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2-1: NÚMERO DE HABITANTES POR CIUDADES.....	71
CUADRO 2-2: CIUDADES PORTUARIAS IMPORTANTES DE CHILE.....	72
CUADRO 2-3: IMPORTACIONES DE CHILE POR MODO DE TRANSPORTE FUERA DE PAÍSES DE LA COMUNIDAD DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE PARA AÑO 2000.....	75
CUADRO 3-1: AÑO FUNDACIÓN Y EPOCA DE EXISTENCIA DE LOS PUERTOS PÚBLICOS DE CHILE.....	118
CUADRO 5-1: LOCALIZACIONES POSIBLES PARA CONSTRUCCIÓN DE UN PUERTO.....	196
CUADRO 5-2: LOCALIZACIONES PARA AMPLIACIÓN DE UN PUERTO.....	196
CUADRO 5-3: EMPRESAS PORTUARIAS DE LA REGIÓN DEL BÍO BÍO.....	201
CUADRO 5-4: AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: PRODUCTO INTERNO BRUTO.....	215
CUADRO 5-5: AMÉRICA LATINA: COMERCIO EXTERIOR DE BIENES (FOB) Y SALDO DE LA CUENTA CORRIENTE.....	216
CUADRO 5-6: AMÉRICA LATINA: COMERCIO EXTERIOR DE BIENES (FOB) .....	217
CUADRO 5-7: AMÉRICA LATINA: INFLACIÓN.....	217
CUADRO 5-8: DATOS PROYECCION CRECIMIENTO TRANSFERENCIA DE CARGA 2006-2030...	217
CUADRO 5-9: PUNTOS DE TRASBORDO DE MERCANCIAS.....	221
CUADRO 5-10: SITIOS OPERATIVOS EN LOS PUERTOS DE LA VIII REGION DE CHILE.....	222
CUADRO 5-11: COMERCIO EXTERIOR CHILENO PERIODO 2000-2003.....	223
CUADRO 5-12: IMPORTACIONES CHILENAS SEGÚN TIPO DE BIENES, PERIODO 2000-2003.....	224
CUADRO 5-13: EXPORTACIONES CHILENAS POR SECTOR ECONÓMICO, 2000-2003 .....	225
CUADRO 5-14: PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS POR SECTOR ECONÓMICO 2000-2003.....	225
CUADRO 5-15: PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS DESPUES DELCOBRE 2000-2003.....	226
CUADRO 5-16: TRANSFERENCIA REGIONAL ACUMULADO ENERO - DICIEMBRE 2004 .....	226
CUADRO 5-17: DATOS TÉCNICOS DEL PUERTO DE LIRQUÉN.....	231
CUADRO 5-18: DATOS SERVICIOS PUERTO DE LIRQUÉN.....	232
CUADRO 5-19: DATOS SERVICIOS PUERTO DE TALCAHUANO5.....	233
CUADRO 5-20: DATOS TÉCNICOS DEL PUERTO DE SAN VICENTE.....	235
CUADRO 5-21: DATOS TÉCNICOS DEL PUERTO DE CORONEL.....	241
CUADRO 5-22: DATOS DE SUPERFICIES DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR .....	242
CUADRO 5-23: PROFUNDIDADES EN COSTA DE AREAS DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR.....	244
CUADRO 5-24: DATOS DE CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR.....	245
CUADRO 5-25: CONCEPTO CALIFICACIÓN RELACION CIUDAD-PUERTO.....	249

CUADRO 5-26: CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE BARCOS DE CONENEDORES.....	253
CUADRO 5-27: ANCHURA RECOMENDADA PARA TERMINALES SE GÚN SU NATURALEZA.....	253
CUADRO 5-28: COSTES DE CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE ATRAQUE.....	254
CUADRO 5-29: COSTE POR CONCEPTO DE DRAGADO.....	255
CUADRO 5-30: COSTE POR CONCEPTO DE OBRA DE ABRIGO.....	256
CUADRO 5-31: COSTE POR SUPERFICIE MARITIMA Y TERRESTRE.....	257
CUADRO 5-32: INVERSIÓN EN ACCESO DE FERROCARRIL Y CAMIÓN .....	258
CUADRO 5-33: INVERSIÓN RED DE AGUA, ALCANTARILLADOS, ENERGIA COMUNICACIÓN.....	258
CUADRO 5-34: INVERSIÓN POR CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS.....	259
CUADRO 5-35: COSTE POR NO OPERACIÓN PORTUARIA.....	262
CUADRO 5-36: MATRIZ COSTE TRANSPORTE ORIGEN DESTINO.....	267
CUADRO 5-37: FLUJOS DE COSTES POR TRANSPORTE ORIGEN DESTINO.....	268
CUADRO 6-1: VALOR PRESENTE DE COSTES DIRECTOS INCREMENTALES.....	276
CUADRO 6-2: VALOR PRESENTE DE COSTES EXTERNOS INCREMENTALES.....	277
CUADRO 6-3: PONDERACIONES DE CRITERIOS.....	278
CUADRO 6-4: MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE ALTERNATIVAS PARA CRITERIO ECONÓMICO COSTES DIRECTOS.....	279
CUADRO 6-5: MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE ALTERNATIVAS PARA CRITERIO ECONÓMICO COSTES EXTERNOS.....	280
CUADRO 6-6: MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE ALTERNATIVAS PARA CRITERIO AMBIENTAL.....	280
CUADRO 6-7: MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE ALTERNATIVAS PARA CRITERIO RELACIÓN CIUDAD-PUERTO.....	280
CUADRO 6-8: MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE LOS CRIETRIOS.....	281
CUADRO 6-9: MATRIZ DE VECTORES DE PRIORIDAD DE ALTERNATIVASS POR CRITERIOS....	281
CUADRO 6-10: MATRIZ DE JERARQUÍAS DE ALTERNATIVASS POR CRITERIOS.....	282
CUADRO 6-11: PESOS PONDERADOS DE ALTERNATIVASS POR CRITERIOS.....	282
CUADRO 6-12: TABULACIÓN ESCENARIOS CON DIFERENTES PRIORIDADES DE CRITERIOS....	286
CUADRO 6-13: PRIORIDADES ESCENARIO 1 : MAYOR PESO ECONÓMICO CON DIQUE DE ABRIGO DE 2500 METROS.....	287
CUADRO 6-14: PRIORIDADES ESCENARIO 2: MAYOR PESO AMBIENTAL CON DIQUE DE ABRIGO DE 1200 METROS.....	288
CUADRO 6-15: PRIORIDADES ESCENARIO 2: MAYOR PESO AMBIENTAL CON DIQUE DE ABRIGO DE 2500 METROS.....	288
CUADRO 6-16: PRIORIDADES ESCENARIO 3: MAYOR PESO SOCIAL264 CON DIQUE DE ABRIGO DE 1200 METROS .....	289
CUADRO 6-17: PRIORIDADES ESCENARIO 3: MAYOR PESO SOCIAL CON DIQUE DE ABRIGO DE 2500 METROS .....	290
CUADRO 6-18: PRIORIDADES DE ALTERNATIVAS MONOCRITERIO .....	291
CUADRO 6-19: PRIORIDADES ESCENARIO 4 "MIX": PESOS IGUALES CON DIQUE DE ABRIGO DE 2500 METROS .....	292
CUADRO 6-20: RESUMEN DE PRIORIDADES PARA LOS ESCENARIOS.....	293

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 2-1: REPÚBLICA DE CHILE EN EL CONTINENTE SURAMERICANO.....	13
ILUSTRACIÓN 2-2: EL TERRITORIO ANTÁRTICO CHILENO.....	17
ILUSTRACIÓN 2-3: INSTRUMENTOS PLANIFICACIÓN TERRITORIAL.....	21
ILUSTRACIÓN 2-4: ESQUEMA BORDE COSTERO.....	23
ILUSTRACIÓN 2-5: MAPA TERRITORIAL.....	38
ILUSTRACIÓN 2-6: MAPA POLÍTICA DE CHILE.....	38
ILUSTRACIÓN 3-1: MODELO DE TAAFE – RIMMER.....	82
ILUSTRACIÓN 3-2: MODELO DE BIRD.....	84
ILUSTRACIÓN 3-3: EL MODELO DE VERLAQUE.....	87
ILUSTRACIÓN 3-4: PARCELACIÓN DEL TERRENO.....	88
ILUSTRACIÓN 3-5: ESQUEMA ALGORITMO ENUMERACIÓN LOCAL.....	89
ILUSTRACIÓN 3-6: AREA DE TRIBUTARIO POR PUERTO, HINTERLAND.....	90
ILUSTRACIÓN 3-7: ESQUEMA DEL MODELO PROPUESTO.....	91
ILUSTRACIÓN 4-1: ESQUEMA PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN PARA LA LOCALIZACIÓN DE UNA TERMINAL PORTUARIA.....	141
ILUSTRACIÓN 4-2: PROBLEMA DE PLANIFICACIÓN DE RED COMO PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN DE DOS NIVELES.....	167
ILUSTRACIÓN 4-3: MODELO DE EXPANSIÓN DE LA CAPACIDAD INTERSECTADO CON UNA DEMANDA CRECIENTE.....	168
ILUSTRACIÓN 4-4: METODOLOGIA PARA OPTIMIZAR LOCALIZACION PORTUARIA.....	178
ILUSTRACIÓN 4-5: ESQUEMA DE RESOLUCIÓN PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN DE PUERTO MEDIANTE TÉCNICA MULTICRITERIO.....	191
ILUSTRACION 5-1 LOCALIZACIÓN VIII REGIÓN EN CHILE.....	199
ILUSTRACIÓN 5-2: COBERTURA GEOINFORMACIÓN VIII REGIÓN DEL BÍO-BÍO DE CHILE.....	200
ILUSTRACIÓN 5-3: COBERTURA AMPLIADA DE LA ZONA DE LAS ALTERNATIVAS.....	200
ILUSTRACION 5-4: BAHÍA DE CONCEPCIÓN E ISLA QUIRIQUINA.....	202
ILUSTRACION 5-5: BAHÍA DE SAN VICENTE E INSTALACIONES PORTUARIAS.....	203
ILUSTRACION 5-6: BAHÍA DE CORONEL E INSTALACIONES PORTUARIAS.....	203
ILUSTRACIÓN 5-7: DELTA DEL RÍO BÍO-BÍO.....	207
ILUSTRACIÓN 5-8: LOCALIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y AMPLIACIÓN DE PUERTO.....	227
ILUSTRACIÓN 5-9: LOCALIDADES DE CONSTRUCCIÓN PUERTO CAMINO A CORONEL.....	227
ILUSTRACIÓN 5-10: LOCALIDADES DE AMPLIACIÓN PUERTO DE CORONEL.....	228
ILUSTRACION 5-11:TRAZADO RUTA INTERPORTUARIA.....	264
ILUSTRACIÓN 5-12:TRAZADO BY PASS PENCO – LIRQUEN.....	265
ILUSTRACIÓN 6-1: DIAGRAMA DE JERARQUÍAS.....	274
ILUSTRACION 6-2: ANALISIS DE SENSIBILIDAD ESCENARIO 1: BASICO .....	294
ILUSTRACION 6-3: OBTENCIÓN DE UMBRALES DEL CRITERIO AMBIENTAL.....	295
ILUSTRACION 6-4: COMPONENTES EN LAS ALTERNATIVAS.....	295
ILUSTRACION 6-5: OBTENCIÓN DE UMBRALES DEL CRITERIO SOCIAL .....	296
ILUSTRACION 6-6: PARA ESCENARIO AMBIENTAL.....	298
ILUSTRACION 6-7: ESCENARIO SOCIAL.....	298
ILUSTRACION 6-8: ESCENARIO EQUILIBRADO O “MIX”.....	299
ILUSTRACION 6-9: INCREMENTO EN EL COSTE DE DIQUE DE ABRIGO EN 50%.....	300
ILUSTRACION 6-10: INCREMENTO EN EL COSTE DIRECTO PUERTO DE CORONEL EN 50%.....	301
ILUSTRACION 6-11: INCREMENTO COSTE DIQUE DE ABRIGO Y PUERTO CORONEL EN 50%....	302
ILUSTRACION 6-12: CAMBIOS EN COSTES ANALIZADO BAJO ESCENARIO SOCIAL.....	303
ILUSTRACION 6-13: DETERMINACIÓN DE UMBRAL EN LAS PREFERENCIAS SOCIALES PARA ALTERNATIVA CAMINO A CORONEL.....	304



## NOMENCLATURA Y ABREVIACIONES

<b>hab./km<sup>2</sup></b>	:	habitantes por kilómetro cuadrado
<b>km<sup>2</sup></b>	:	kilómetro cuadrado
<b>m</b>	:	metros
<b>PIB</b>	:	producto interno bruto
<b>excl.</b>	:	excluido
<b>mill.</b>	:	millas
<b>millas n.</b>	:	millas náuticas
<b>USD</b>	:	dólares de Estados Unidos de Norteamérica
<b>US\$</b>	:	dólares norteamericanos
<b>CH\$</b>	:	pesos chilenos
<b>%</b>	:	tanto por ciento
<b>STIC</b>	:	Clasificación internacional estandarizada de productos (Standard International Trade Classification)
<b>DWD</b>	:	carga de peso muerto
<b>GT</b>	:	toneladas de registro
<b>W</b>	:	oeste
<b>N</b>	:	norte
<b>S</b>	:	sur
<b>LAT.</b>	:	latitud
<b>LONG.</b>	:	longitud
<b>LAC</b>	:	Latinoamérica y el Caribe
<b>CIF</b>	:	Costo de seguro de mercancías (Cost, Insurance, Freight)
<b>FOB</b>	:	Libre a Bordo o de seguros (Free on Board)
<b>US\$</b>	:	Dólares Norteamericanos de Estado Unidos
<b>CH\$</b>	:	Pesos chilenos
<b>VP</b>	:	Valor Presente
<b>m<sup>2</sup></b>	:	metros cuadrados
<b>km<sup>2</sup></b>	:	kilómetros cuadrados
<b>THNO.</b>	:	ciudad de Talcahuano en Chile





# 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1.- PLANTEAMIENTO GENERAL

Se pretende en esta tesis aportar nuevos métodos para afrontar el problema de la elección de la localización más conveniente para la construcción de infraestructuras portuarias, considerando criterios económicos, sociales y ambientales (Diez, 1996). La aplicación a un caso chileno se deriva de la nacionalidad y del ámbito profesional a los que el autor pertenece.

Hoy en día, los procesos de toma de decisión de proyectos de inversión se realizan por lo general, utilizando metodologías de evaluación de proyectos. Estas metodologías se basan en cuantificar los beneficios y costes indirectos, sociales y medioambientales que estos proyectos provocarían por su construcción y su posterior implementación. Cuando se trate de un proyecto de inversión de carácter privado, las metodologías de evaluación consideran sólo aquellos aspectos que les interesen a los inversionistas, con la salvedad de la obligación de cumplir con las restricciones legales existentes en el territorio donde se proyecte realizar el proyecto de inversión. Por lo general, estas normativas se establecen para salvaguardar el bienestar de las personas que pudieran ser afectados por la actividad producida por la implementación y posterior operación del proyecto en cuestión.

Cuando se trate de un proyecto de inversión de carácter público, entonces la metodología a utilizar se basa en criterios de evaluación que sean de interés para la sociedad.

En ambas situaciones se deben evaluar los aspectos positivos y *negativos de interés que se produzcan por llevar a cabo el proyecto planteado*. Estos aspectos positivos y negativos no siempre son fáciles de determinar, ni menos aún, fáciles de cuantificar en alguna unidad común, por ejemplo en un valor monetario.

Cuando se realiza una evaluación de un proyecto de inversión, ya sea de carácter público o privado, en realidad lo que se acomete es una elección en base a algún criterio de selección entre varias alternativas de proyectos. Incluso,

en la situación más simple y básica, es decir, cuando se trate de una sola alternativa de proyecto, debe plantearse la elección entre ejecutar o no ejecutar el proyecto.

Por otra parte, cuando se requiere determinar la mejor alternativa de solución, en cualquiera de los ámbitos de estudio, conocida o no las soluciones del problema, se utilizan metodologías creadas por la disciplina de la ingeniería denominada investigación de operaciones, que resuelve el problema de encontrar la mejor alternativa de solución del problema planteado.

Además, cuando los criterios de optimización de un modelo de programación matemática no sea uno, sino varios, entonces utilizamos un modelo de optimización multicriterio.

No cabe más que pensar, que proponer la realización de un diseño y su posterior aplicación de un modelo de programación matemática multicriterio, sea lo adecuado para apoyar al tomador de decisiones a resolver el problema de determinar la mejor alternativa de localizar un puerto comercial.

Se entiende, por la literatura revisada, que en muchos países existe experiencia en resolver problemas de localización de instalaciones, como son redes de comunicación electrónicas, infraestructuras de transporte terrestre, aeropuertos, plataformas logísticas entre otras, utilizando modelos de programación matemática multicriterio. Entonces, no es absurdo postular a que esta experiencia pueda aprovecharse para diseñar y aplicar un modelo de optimización de localización de infraestructuras portuarias mediante la técnica multicriterio, cuestión que origina el objetivo de esta tesis.

La información requerida para resolver la problemática de evaluar y seleccionar la mejor alternativa de localización de un puerto comercial, considerando factores cuantificables y no cuantificables, que atañen a los inversionistas de índole privado, en conjunto con las externalidades producto de la instalación de un puerto en la localidad elegida, no es fácil de manejar. Esta es la principal razón que justifica el aprovechar las potencialidades que ofrece la informática para procesar y relacionar datos, de tal forma que los sintetice y produzca la información esperada.

Para diseñar el modelo de optimización multicriterio se requiere estudiar y analizar la situación del sistema portuario en que está inserto el problema a resolver. La complejidad del problema con sus múltiples interconexiones y dinanismos amerita su interpretación y comprensión por medio del uso de enfoques basado en la teoría general de sistemas.

También resulta útil para comprender el fenómeno de la localización y distribución de infraestructuras portuarias conocer el proceso evolutivo y el origen de la actual distribución portuaria, de manera que permita comprender las causas y posibles factores que condicionen nuevas relocalizaciones del actual sistema portuario. Junto con ello, también se requiere conocer las actuales metodologías de toma de decisión relacionados con la selección de alternativas de localización de infraestructuras portuarias.

Aplicar un caso de metodologías resulta útil para la validación de datos y de la propia metodología. El contraste de resultados, generalmente es utilizado en el proceso de comparación y verificación de buen funcionamiento de aplicaciones de modelos propuestos. Es por ello que en este trabajo se analizará un caso real, utilizando la metodología propuesta, contrastando los resultados con opiniones de expertos y datos históricos que sirvan para señalar su correcta construcción y la fiabilidad de la metodología en aplicaciones posteriores.

## **1.2.- OBJETIVOS DE LA TESIS**

El objetivo de esta tesis es diseñar una metodología para determinar la localización más conveniente de infraestructuras portuarias, considerando los efectos económicos, sociales y ambientales y aplicarlo a un caso particular en la VIII Región de Chile. Para ello se propone alcanzar los siguientes objetivos específicos parciales:

- i. Definir los criterios a considerar en la localización de infraestructuras portuarias.
- ii. Análisis de la situación portuaria chilena.
- iii. Definición de hipótesis de diseño.
- iv. Definir criterios de optimización de la localización de infraestructura portuaria.
- v. Diseño del modelo propuesto.

vi. Validación del modelo propuesto mediante la aplicación de un caso en la VIII región de Chile.

### **1.3.- ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la consecución de los objetivos antes citados, el trabajo se ha desarrollado en las siguientes etapas:

- Revisión de bibliografía respecto a las metodologías de evaluación de alternativas de localización de infraestructuras portuarias y metodologías de optimización multicriterio.
- Descripción de la evolución y actual sistema de distribución portuario chileno.
- Propuesta de una metodología de evaluación de alternativas de localización de puertos comerciales considerando aspectos económicos, sociales y medio ambientales.
- Determinación de los indicadores y sus respectivas funciones de utilidad para la conversión del porcentaje de variación y su normalización.
- Aplicación de la metodología propuesta a un caso en la VIII región de Chile.
- Análisis de los resultados y verificación de la metodología a través de contraste de la información obtenida con datos históricos del sector.

### **1.4.- ESTRUCTURA Y RESUMEN DE CONTENIDOS**

#### **Capítulo 1**

En este capítulo se introduce al lector en el tema a abordar, explicando la razón de realizar la tesis doctoral titulada *“Diseño de una metodología para determinar la localización de infraestructuras portuarias: un caso de evaluación de la localización de una plataforma logística en la VIII Región de Chile”*.

La localización geográfica de Chile que lo sitúa lejos de las rutas marítimas mundiales, con una economía basada fundamentalmente en las exportaciones, cuyo transporte se realiza en un 97% por vía marítima (Departamento de Transporte; CEPAL, 2003) a destinos intercontinentales, amerita obtener una mayor comprensión del sistema portuario chileno y aportar en la medida de lo posible, a mejorar la competitividad de su sistema de

transporte, especialmente, en aquellas actividades que involucren mayor coste dentro de la cadena de transporte, específicamente en el traspaso desde la modalidad marítimo al terrestre y viceversa, pero también en la gestión de todas sus actividades involucradas.

En este capítulo se describe también, la metodología a utilizar en la resolución al problema de encontrar la localización más conveniente para instalar una terminal portuaria de carácter comercial, bajo criterios que les interesen tanto a los inversionistas como a la sociedad.

## **Capítulo 2**

En este capítulo se detallan con mayor precisión aquellos aspectos de la situación chilena, tales como su situación geográfica, económica, social y política, que resultan ser relevantes para la formulación de la metodología propuesta. Además, se entrega un estado del arte de las metodologías ejercidas en Chile y España respecto a las evaluaciones de proyectos de construcción o ampliación de puertos y a las metodologías aplicadas a la resolución de problemas de localización de infraestructuras de transporte mediante modelos de optimización multicriterio.

## **Capítulo 3**

En este apartado se propone el diseño de un modelo de optimización multicriterio para resolver el problema de seleccionar la mejor alternativa de localización para la construcción y posterior operación de un puerto marítimo comercial.

También se realiza un recuento histórico con la intención de mostrar mediante modelos gráficos, la evolución de la teorización y conceptualización que explican en parte los procesos que generaron el desarrollo y distribución del sistema portuario en determinadas localidades. Estos modelos explican fundamentalmente las principales causas junto con sus interrelaciones estimulantes del desarrollo y establecimiento del sistema de distribución portuario.

## Capítulo 4

A modo de una prolongación de la evolución de la teorización que explica el desarrollo portuario, se presenta el marco conceptual de la metodología propuesta que converge en un modelo de optimización de la localización multicriterio. Este se basa en la complementación de variadas técnicas integradas por una herramienta soportada en la computación. Estas diferentes técnicas son actualmente utilizadas en forma aisladas para resolver diversos problemas de la ingeniería.

La evaluación de proyectos de inversión, la investigación de operaciones con sus métodos de programación matemática y modelos de optimización multicriterio, junto a herramientas computacionales, tales como las planillas electrónicas integradas a datos gráficos son algunas de las técnicas ingenieriles utilizadas en el diseño de la metodología propuesta.

Analizando el problema desde el punto de vista de la actividad de toma de decisiones, las personas que se enfrentan a estos procesos de compleja naturaleza y envergadura, deben considerar variables que son monetarizables y otras que aún son difíciles de valorizar en términos monetarios. Dentro de las monetarizables está la rentabilidad económica de un puerto, factor de importante peso para la decisión de su localización. Sin embargo, el impacto que provoca la actividad portuaria junto al transporte terrestre a los habitantes contiguos a dicha actividad, resulta difícil de cuantificar en términos monetarios, pero no por ello deja de tener menos importancia en los procesos decisorios.

Justamente, para este tipo de decisiones se desarrollaron los modelos de optimización multicriterio. Cuando un grupo de decisores se enfrentan a múltiples criterios confrontados entre sí, ya no sirven las herramientas de ingeniería de la disciplina de investigación de operaciones monocriterios, sino que deben utilizar aquellas creadas especialmente para resolver este tipo de problemas.

Por último, en este capítulo, se expresan las razones de utilizar un modelo multicriterio aplicado al problema de localizar un puerto en la VIII región de Chile y se detallan los aspectos de su desarrollo y utilización. También en

este apartado se explican los criterios a utilizar, mencionados anteriormente, en que el criterio económico se compone de dos subcriterios, uno mide el valor presente de los costes incurridos en la construcción y mantención de la terminal, y el otro subcriterio económico considera el valor presente del coste de transporte en que incurren las empresas de transporte que prestan servicios al mismo cliente de la terminal, por tanto, el concepto utilizado en el criterio económico, es optimizar el valor presente total dentro de un horizonte de planificación. Es decir, el enfoque utilizado aquí, es en base al logístico y sistémico del sistema de transporte desde el origen de la carga al nodo de trasbordo de ella.

## **Capítulo 5**

Una vez efectuado el marco conceptual del modelo propuesto se presenta el modelo propiamente tal. Este se aplica a la resolución de un problema real en la VIII región de Chile, país natal del doctorando.

El problema radica en evaluar la conveniencia de desarrollar una plataforma logística en una región de dos millones de habitantes y con catorce terminales independientes entre sí, localizadas en un trayecto no mayor a los cincuenta kilómetros.

Al imperar en Chile un sistema económico neoliberal que conlleva a que el capital privado tenga una gran participación en las inversiones y operaciones de las infraestructuras portuarias, instaladas en terrenos concesionados en el borde costero, y desde seis años, participación directa a través de mecanismos de concesiones para la privatización de la administración y operación de infraestructuras públicas portuarias, los adjudicatarios de estas terminales compiten por capturar clientes del sector del transporte de mercancías. Esto ha generado una situación heterogénea en la utilización de las capacidades en algunos terminales, mientras unas terminales se encuentran trabajando por sobre el 80% de su capacidad instalada, otros trabajan a menos de un 60% de factor de utilización de su capacidad instalada.

El gobierno regional de la VIII región de Chile espera impulsar un progreso portuario y regional más sostenible y homogéneo, fomentando el desarrollo de una plataforma logística en un territorio de gran extensión al norte



de la ciudad de Concepción y en la costa sur de la Bahía de Concepción, con la participación de capital privado.

Al ser el capital de origen privado es comprensible suponer que ellos esperan obtener beneficios económicos por desarrollar la actividad portuaria. También es lógico suponer que dicha actividad provoca externalidades, tales como algún impacto en el medio ambiente, ya sea en el medio marino, terrestre o atmosférico, además de afectar la actividad cotidiana de grupos de personas que habitan en el mismo territorio en que se emplazan los puertos. Por lo tanto, evaluar esta alternativa bajo el punto de vista de distintos criterios en forma simultánea, parece ser una excelente oportunidad de aplicación de la metodología propuesta.

## **Capítulo 6**

Se describe la realización de un análisis de sensibilidad de los resultados a modo de validación del modelo. La jerarquía de las importancias de los pesos ponderados a las variables cuantificables y no cuantificables puede mantenerse al variar ciertos parámetros, lo que implicaría una robustez en la jerarquía de las prioridades de los pesos asignados a las variables consideradas.

Además, al analizar el comportamiento de las alternativas de localización de una terminal portuaria frente a cambios en las ponderaciones de los criterios, podemos entender la dinámica de comportamiento de las interrelaciones entre los distintos factores considerados en la evaluación de las distintas instalaciones y operaciones en cada uno de las alternativas de localización.

De esa manera, podríamos concluir que es más conveniente localizar un puerto en una zona que requiera una construcción de un dique de defensa de alto costes y necesite realizar dragados frecuentes, que ubicarlo en otra zona que implique un menor coste de construcción y dragado, pero con un hinterland extenso que conlleve a elevar los costes de transporte terrestre hacia y desde el puerto.

También es posible realizar análisis del comportamiento de las prioridades resultantes en las alternativas de solución al variar algunos

parámetro dentro de los procesos de cálculo de cada criterio, por ejemplo cambiar el coste de construcción de un dique de abrigo en el lugar que se requiera o realizar cambios en las opiniones de las personas involucradas respecto a la importancia que le atribuyen a los distintos aspectos que determinan una valoración de su calidad de vida en determinada comunidad vecina a una terminal.

Debido a que las opiniones de las personas involucradas o afectadas con la actividad portuaria es considerada en esta metodología, pero conseguir dicha información bajo un procedimiento que conlleve a un resultado de opiniones objetiva, resulta oneroso en tiempo y recursos monetarios, es útil analizar el comportamiento de las prioridades de las alternativas de localización, bajo distintos escenarios determinados por diferentes políticas de decisión. Es decir, conocer la dinámica de los cambios de los resultados para una proceso de decisión en que se considera fuertemente el aspecto económico, o ambiental, o social, o todas por igual. El concepto de esta metodología es generar información para apoyar a los decisores más que arrojar una alternativa de solución única y sin la posibilidad de comprender la dinámica del comportamiento de cambios en las prioridades de las alternativas de solución.

## **Capítulo 7**

Uno de los capítulos importantes de todo trabajo de tesis doctoral es precisamente aquel que expone las conclusiones, aportaciones y propuestas de futuras investigaciones.

Dada la situación de Chile, descrita en el capítulo 2, es lógico pensar que en términos estratégicos resulta muy conveniente aumentar la eficiencia en las cadenas de transporte, con mayor énfasis en el transporte marítimo y operación portuaria.

El coste de navegación resulta más económico en consumo de energía mientras mayor sea la capacidad de carga de la nave. Sin embargo, el flete obedece a la ley de oferta y demanda, lo cual implica que el puerto ideal para bajar los costes de transporte marítimo, es aquel capaz de atraer una cantidad de buques suficiente para regular el precio del transporte y ser de un tamaño

adecuado para atender buques que puedan usufructuar de las economías de escala. Por tanto, estudiar la conveniencia de construir un puerto pivote en Chile, y poder determinar la cronología en que resulte ser conveniente su operación, tanto desde un punto de vista privado como social, puede ser muy conveniente para determinar las estrategias para el desarrollo del país. Otras conclusiones, así como aportaciones y futuras líneas de investigación se indican en este capítulo.

Se finaliza con la entrega de la bibliografía y los respectivos anexos.

## 2: REALIDAD TERRITORIAL, SITUACIÓN CHILENA

### 2.1.- INTRODUCCIÓN

La metodología propuesta en este trabajo se aplicó a un caso específico localizado en la VIII Región de Chile. Por esta razón se estima conveniente entregar al lector algunos aspectos relevantes y representativos de la situación portuaria chilena y su entorno inmediato.

Básicamente se presentan cuadros, valores económicos, mapas y datos que hagan permitan entregar suficiente información para conocer parte de la realidad de este país, específicamente referente al sistema portuario.

Las interacciones de los puertos con otros subsistemas son numerosas. Sin embargo, en un intento de objetividad, en este capítulo se presentarán datos relacionados con el sector de transporte, de macroeconomía de Chile, de la situación geográfica del país, de sus condiciones ambientales, su sistema de organización política, administrativa y física del sistema portuario.

Debido a que el objetivo de este trabajo de tesis doctoral trata sobre una metodología para seleccionar la localización más conveniente, tanto desde un punto de vista privado como público, de infraestructuras portuarias, acción desarrollada dentro del área de la planificación portuaria, que a su vez, ésta se encuentra inserto en una política de ordenación del territorio, interesa también entregar una noción histórica que oriente a conocer en parte las razones de las actuales localizaciones de infraestructuras costeras.

Uno de los aspectos que se desea resaltar, es la situación geográficos de Chile respecto a los países que comercian con el. Chile se encuentra localizado al sur del Cono Sur de Sur América siendo la principal base de su economía las exportaciones de metales semielaborados, productos forestales, productos agrícolas y pesqueros. El 87% de sus exportaciones las efectúa vía marítima, debido a que sus países vecinos con posibilidad de efectuar intercambio de mercancías vía terrestre poco comercian con Chile. Sus principales socios comerciales son países del Asia, Norteamérica y Europa.

## 2.2.- SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE CHILE

Chile, país tricontinental, asienta su territorio en América, Antártica y Oceanía. Se encuentra ubicado en la parte occidental y meridional del Cono Sur de Sudamérica, prolongándose en el Continente Antártico y alcanzando a la Isla de Pascua en la Polinesia. Integran además su territorio, el archipiélago de Juan Fernández y las Islas San Félix, San Ambrosio y Sala y Gómez, la Zona Económica Exclusiva de 200 millas y la plataforma continental correspondiente.

Su superficie es de 756.826 kilómetros cuadrados y posee una población de acuerdo a estimaciones para el año 2002 de 15.589.000 habitantes, es decir, posee una densidad de 20 habitantes por kilómetros cuadrado. En su capital, Santiago viven 4.890.000 habitantes. Las ciudades más populosas de Chile son: Concepción con 350.000 habitantes, Viña del Mar con 300.000 habitantes y Valparaíso 290.000 habitantes.

Su volcanes más altos es el Nevado Ojos del Salado con 6.863 metros de altura y el lado oeste del Volcán Aconcagua con 6.960 metros de altura. Sus ríos principales son El Río Loa, El Río Maule, El Río Bío Bío, El Río Tolten, El Río Backer. Los principales lagos corresponden a la parte chilena del Lago General Carrera o también llamado Lago Buenos Aires por los argentinos, cuya superficie total es de 2.240 kilómetros cuadrados correspondiendo 1.359 kilómetros cuadrados a la parte chilena. También podemos citar a los cuerpos de agua; Lago Llanquihue con una superficie de 780 kilómetros cuadrados y el Lago O' Higgins, cuyo nombre Argentino es Lago San Martín, siendo la superficie del lado chileno de 492 kilómetros cuadrados de un total de 1.013 kilómetros cuadrados.

Las Islas principales son: Isla Grande de Tierra del Fuego con una superficie total de 47.000 kilómetros cuadrados de los cuales 25.949 km<sup>2</sup> corresponden a Chile. Isla de Chiloé con una superficie de 8.395 kilómetros cuadrados.

## ILUSTRACIÓN 2-1 REPÚBLICA DE CHILE EN EL CONTINENTE SURAMERICANO



Fuente: Cepal

### 2.2.1.- Chile continental

En el continente americano, Chile se extiende desde los 17° 30' de latitud sur, en su límite septentrional, hasta las Islas Diego Ramírez, a los 56° 30' de latitud sur en la parte meridional sudamericana

Finalmente, partícipe de este territorio, y constituyendo la posesión más occidental chilena, se encuentra la Isla de Pascua, situada aproximadamente a los 27° de latitud sur y a los 109° de longitud oeste.

La superficie de Chile americano, antártico e insular, es de 2.006.000 Km<sup>2</sup>, sin considerar su mar territorial, la Zona Económica Exclusiva y la pertinente plataforma continental.

La longitud que posee Chile desde la Línea de la Concordia hasta el Polo Antártico es superior a los 8.000 Km. a los 52° 21' de latitud sur ( Estrecho de Magallanes), posee un ancho máximo de 445 Km., y a los 31° 37' latitud sur

(entre Punta Amolanas y Paso de la Casa de Piedra) su ancho mínimo es de 90 Km.

### **2.2.2.- Chile marítimo**

El espacio marítimo de interés nacional está compuesto, desde el punto de vista jurídico, por:

#### **a) Aguas interiores.**

Los Estados trazan en las cartas hidrográficas una línea angular que conecta los puntos salientes de la costa, Se llama línea de base. Entre esa línea y la tierra firme existen las aguas interiores.

#### **b) Mar adyacente o Territorial**

Desde la línea base, antes mencionada, se miden 12 millas marinas (22,22 km.) hacia afuera y este es un bien de dominio nacional del estado ribereño.

#### **c) Zona contigua.**

Desde la línea de base se proyectan 24 millas marinas (44,45 km.) mar adentro para el control de pesca, aduana, salud y policiales. Hay un error en la legislación chilena porque la zona contigua está sobrepuesta al mar adyacente, de manera que las primeras 12 millas marinas son en realidad mar adyacente.

#### **d) Zona económica exclusiva.**

Desde la línea de base se entienden 200 millas marinas (370,370 km.) que se reservan por el estado costero para su pesca y el aprovechamiento del suelo y del subsuelo.

e) Alta mar.

La alta mar empieza desde las 12 millas marinas del mar territorial, pero para la pesca y el uso del suelo y del subsuelo empieza después de las 200 millas marinas de la zona económica exclusiva. En alta mar se aplican las leyes nacionales de cualquier estado cuando éste actúa como poder público. En cosas como la prohibición de transportar esclavos, el tráfico ilícito de estupefacientes y sustancias psicotrópicas y el comercio ilícito en general, los buques de cualquier estado pueden aplicar las leyes de sus Estados o internacionales. Para actividades comerciales, de placer o de pesca en alta mar es de libre aprovechamiento.

i) Mar presencial.

El Estado de Chile ha incorporado el concepto ya mencionado en las Leyes de Pesca y dice así:

“Mar presencial aquella parte del alta mar existente para la comunidad internacoinal, entre el límite de nuestra zona económica exclusiva continental de la isla de pascua, se prolonga hasta el paralelo del hito N°1 de la línea fronteriza internacional que separa Chile y Perú hasta el Polo Sur” .

La juridicidad chilena se han anticipado a lo que será seguramnte el más activo tema de estudio de la comunidad internacional en el futuro. También se puede realizar una división del espacio marítimo chilenos bajo un criterio científico permitiendo una concordancia mayor respecto a los problemas oceanográficos y biológicos que se encuentran en la zona. Con la finalidad de facilitar la identificación de las necesidades de investigación en ciencias del mar, este espacio marítimo ha sido dividido en cinco zonas.

- Zona de la Corriente de Humboldt
- Zona de la Corriente del Cabo de Hornos, incluidos los fiordos y canales
- Zona del Océano Pacífico Subtropical e islas oceánicas
- Zona Oceánica del Pacífico Subantártico
- Zona Antártica



### 2.2.3.- Chile antártico

El Territorio Antártico Chileno posee una superficie de 1,25 millones de kilómetros cuadrados, está comprendido en el área enmarcada por los meridianos 53° y 90° de longitud oeste y hasta el polo sur, a los 90° de latitud sur. Desde el punto de vista oceanográfico, el ambiente Antártico se ubica al sur del frente Polar Antártico, aproximadamente a partir de los 60°S. La zona del frente Polar se caracteriza por un abrupto cambio en la temperatura de las aguas superficiales, en alrededor de 2° a 3°C.

La zona Antártica se caracteriza por aguas frías con temperaturas superficiales que fluctúan entre -2° y 8°C. En la actualidad, se han identificado siete masas de agua: Subantártica Superficial, Antártica, Modal Subantártica, Intermedia Antártica, Circumpolar Antártica, Profunda del Pacífico y Antártica de Fondo. Esta última masa de agua, se forma en la superficie de las inmediaciones del continente Antártico, fundamentalmente en el mar de Weddell y mar de Ross, pero debido a su baja temperatura y alta salinidad se hunde rápidamente a causa de su mayor densidad.

La circulación general en la Antártica está fuertemente afectada por la corriente Circumpolar Antártica, que abarca gran parte de la columna de agua. Esta corriente, en general, tiene dirección hacia el este, sin embargo después del paso Drake, en el mar de Scotia, adopta una dirección general hacia el noreste.

A partir del siglo XVIII y durante las primeras tres décadas del presente siglo, el océano Austral y la costa Antártica fueron escenarios de una abundante caza de lobos finos, elefantes marinos y cetáceos. La brusca merma de estas poblaciones trajo como consecuencia una abundancia de krill, peces y cefalópodos, por los cuales existe un creciente interés.

En relación con los recursos no renovables, se han encontrado en los fondos marinos, zona de la plataforma y depresiones del borde occidental del mar de Bellingshausen y estrecho de Bransfield, depósitos sedimentarios que presentan nódulos polimetálicos, específicamente nódulos de manganeso ricos en hierro, cobre y cobalto, los cuales podrían constituir un importante potencial económico.

## ILUSTRACIÓN 2-2 EL TERRITORIO ANTÁRTICO CHILENO



Extraído de [www.inach.cl](http://www.inach.cl) Instituto Nacional Antártico Chileno

### 2.2.4.- Límites de Chile

Los límites más extensos de Chile son con Argentina. Su frontera territorial que limita con Argentina sigue un trazado divisor entre ambos territorios que considera las cumbres más altas de los Andes. El territorio oeste de esa línea corresponde a Chile y el este a Argentina.

Con Perú limita en la línea de la concordia al norte de Arica y con Bolivia en el desierto de Atacama.

Al sur con el Polo Sur y al oeste con el Océano Pacífico, incluida la Zona Económica Exclusiva con una extensión de 200 millas marinas.

#### Las zonas fronterizas

Hasta mediados del siglo pasado, la gran distancia de zonas fronterizas respecto de los centros políticos y económicos, así como su condición de zona peligrosa por los conflictos entre países, como ser Chile - Bolivia, aún sin relaciones diplomáticas derivadas de la guerra del Pacífico de 1879, Chile - Argentina con un conflicto por disputa territorial en Campos de Hielo Sur en 1982, en la cual el actual Papa arbitró una solución pacífica a las controversias,

y de área inhóspita y sin infraestructura, las hicieron albergar a una fracción ínfima de la población.

A mediados del siglo XX el panorama cambió. En una primera fase, los programas colonizadores y los tendientes a redistribuir población y recursos con fines geopolíticos, de desarrollo regional e industrial, todo en el marco de la estrategia de sustitución de importaciones y de iniciativas de cooperación entre países tuvieron entre sus "destinos" zonas fronterizas.

Las zonas más australes de Chile (Punta Arenas) y Argentina (Ushuaia, Río Gallegos y la Patagonia), el norte chileno (Arica), el sur peruano (Tacna), entre otras localidades de otros países son ejemplo de dinamización económica y demográfica planteada, promovida e incentivada por el Estado (CEPAL/HABITAT, 2001, Hogan, 2001; CEPAL/ILPES, 2000; Hevilla, 1998).

En una segunda fase, el dinamismo derivado de los estímulos públicos fue reemplazado, en la mayoría de los casos, por flujos comerciales (frontera entre Paraguay y Brasil o entre Chile y Perú), la consolidación de producción orientada a la exportación y el reimpulso de la integración (bilateral, subregional o continental).

La integración actual erosiona la visión de la frontera como límite (hito de soberanía), la hace permeable al intercambio de bienes y servicios y promueve la vinculación física con obras viales, interconexión de sistemas eléctricos y de comunicaciones y utilización y protección de recursos naturales compartidos (CEPAL, 2002).

### **2.2.5.- Morfología de Chile continental**

Chile puede dividirse longitudinalmente en tres regiones morfológicas; la majestuosa Cordillera de los Andes al este, la Cordillera de la Costa al oeste, y el área de la Meseta y el Valle Longitudinal o Depresión Intermedia, ubicada entre ambas cadenas.

Latitudinalmente se distinguen tres importantes regiones geográficas y climatológicas: la septentrional (árida), la central (mediterránea) y la meridional (templada oceánica).



En la región septentrional o Norte Grande, la Cordillera de los Andes es más ancha, en donde se encuentran amplios macizos y numerosas montañas con altitudes superiores a los 6.100 metros, como es el caso del monte más alto del país, el Ojos del Salado (6.893 mts.).

La Depresión Intermedia, por su parte, está ocupada por el extenso desierto de Atacama, el más árido del mundo. En algunos sectores esta planicie se encuentra interrumpida por cordones montañosos, conformando una compleja geomorfología, donde se distinguen planicies litorales, cordones transversales y encadenamiento andino principal.

La sucesión de valles y sus correspondientes interfluvios más la presencia de innumerables esteros, quebradas y torrentes que actúan como sus tributarios, contribuyen a la configuración de una particular y compleja orografía, lo que restringe los sectores planos sólo a llanos, terrazas fluviales y a las planicies de la costa.

En la zona central, la Meseta cede su lugar al Valle Longitudinal, de unos 965 Km. de longitud y una anchura que oscila entre los 40 y los 80 Km., que es la zona más poblada del país. Los Andes centrales son menos anchos y más bajos que los septentrionales; aquí se encuentran los pasos fronterizos más importantes del país. La Cordillera de la Costa posee alturas que superan los 1.500 metros mientras que la Cordillera de Los Andes alcanza en esta localidad altitudes que superan los 5.000 metros, la que disminuye hacia el sur de la Región.

En la zona sur destacan los lagos de origen glaciar localizados entre la Cordillera de Los Andes y el valle longitudinal y los cordones montañosos desaparecen al sumergirse en el mar.

En el extremo austral predomina un relieve abrupto y diverso. Su geografía difiere notoriamente con la del resto del país presentándose múltiples canales y fiordos que reemplazan al valle longitudinal, que separan a la Cordillera Patagónica o la prolongación de la Andina

### 2.2.6.- La costa de Chile

La longitud de la costa chilena correspondiente al territorio continental es de unos 4.200 km. a los que se suman 83.850 km. de longitud de costa de los archipiélagos de la zona austral y finalmente se agregan otros 190 km. de costa ubicada en el territorio insular que comprende las islas de Pascua, Salas y Gómez, San Félix y archipiélago Juan Fernández.

La Política Nacional de Uso del Borde Costero, promulgada en el año 1994 por el Ministerio de Defensa de Chile, contiene como anexo una Zonificación Preliminar del Borde Costero para todo el país, elaborada como un marco de orientación general para la toma de decisiones de la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero. En concordancia con su carácter de "preliminar", la mencionada Zonificación plantea la necesidad que cada una de las regiones elabore una propuesta de Zonificación de Usos para el Borde Costero, que sea el reflejo del acuerdo entre los actores regionales en coherencia con las políticas de desarrollo regional vigentes.

*"Un Chile conectado al mar a través de su Borde Costero, acercando a las personas a los recursos y oportunidades que éste ofrece, desde una perspectiva integral, dinámica, multidisciplinaria, sustentable y sistémica, que proyecte su desarrollo, crecimiento armónico, e integre a todos los sectores que lo administran, con el fin superior de una mejor calidad de vida para toda la sociedad chilena".*

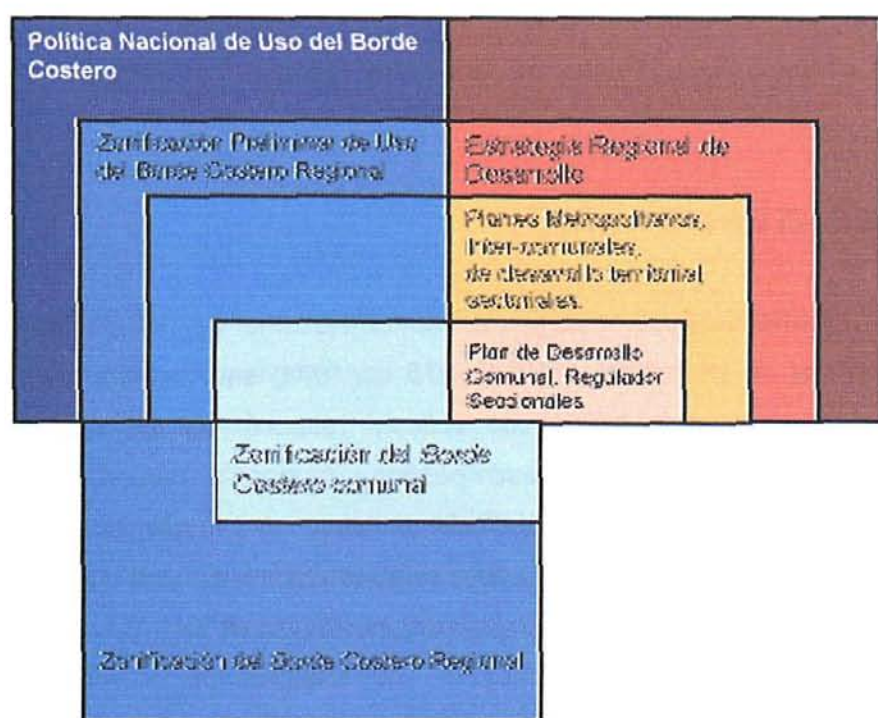
(Visión de la Subsecretaría de Marina sobre el Borde Costero) La Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral del República, promulgada mediante el Decreto Supremo No 475 del año 1994, abrió para Chile una nueva etapa en la planificación y gestión de sus espacios costeros y marítimos, mediante orientaciones generales para la gestión de esta vital porción del territorio nacional. Asimismo creó una instancia de toma de decisiones que integra a los múltiples actores, públicos y privados, que intervienen en la zona costera.

La Comisión Nacional y en especial, las Comisiones Regionales de Uso del Borde Costero, se han convertido en un ejemplar espacio de encuentro entre los usuarios de la costa y las entidades públicas responsables de su gestión. Espacio de encuentro que ha permitido planificar y desarrollar el Borde

Costero desde una perspectiva *integral, dinámica, multidisciplinaria, sustentable y sistémica*, que resalta la participación de la comunidad como un principio fundamental.

En la ilustración 2-3 se esquematiza la relación entre los instrumentos de planificación territorial. En la parte superior se desglosan los instrumentos existentes en los ámbitos marinos y terrestres a los niveles nacional, regional, inter-comunal y comunal. En la parte inferior se simboliza el nuevo instrumento de Zonificación del *Borde Costero*, que hace el enlace entre la planificación terrestre con la nueva planificación de espacios del mar territorial en las comunas costeras.

**ILUSTRACIÓN 2-3**  
**INSTRUMENTOS PLANIFICACIÓN TERRITORIAL**



Fuente: Proyecto Bases para la planificación zona costera U. Concepción -GTZ  
El área donde se aplicó la Zonificación fue definida por el Proyecto Zona Costera en función de los conceptos indicados.

### 2.2.6.1.- Zona Costera

En la legislación chilena no existe una definición para la Zona Costera y para obtenerla se pueden usar parámetros científicos, geográficos, económicos y sociales. Con frecuencia organismos internacionales se refieren a la Zona Costera como la "interfase" entre la tierra y el mar (Diez, 1996), en donde las relaciones armónicas o conflictivas entre actividades terrestres y el espacio marítimo se hacen más evidentes. Para Chile, a raíz de un proyecto Universitario referente a la ordenación del territorio, denominado "Proyecto Zona Costero" ha definido tales conceptos como "el territorio de las comunas costeras, limitada tierra adentro por el límite administrativo comunal y por las 12 millas náuticas mar afuera". Sin embargo, para los fines de la planificación territorial esta franja es demasiado extensa para la identificación de las actividades potencialmente conflictivas que se desarrollan en la costa y el mar y, por lo tanto, se entiende sólo como marco referencial y el espacio de integración con los demás instrumentos de planificación territorial existentes.

### 2.2.6.2.- El Borde Costero

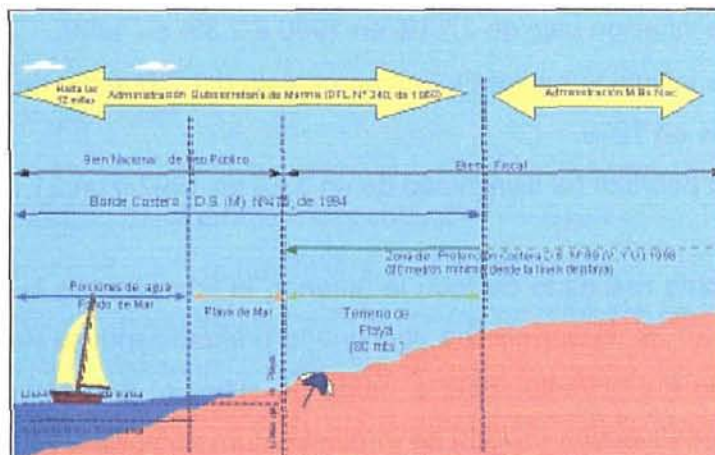
El Borde Costero según la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República (D. S. 475 de 1994) está definido de la siguiente forma: *"La presente política se aplicará respecto de los siguientes bienes nacionales, fiscales o de uso público, sujetos a control, fiscalización y supervigilancia del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina:*

- a) terrenos de playa fiscales ubicados dentro de una franja de ochenta metros de ancho, medidos desde la línea de la más alta marea de la costa del litoral,*
- b) la playa,*
- c) las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y*
- d) mar territorial de la República."*

La ilustración siguiente muestra el Borde Costero según la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República (D. S. 475 de 1994). Esquema proporcionado por la Subsecretaria de Marina). Borde costero según la Política: mar territorial, playa, terrenos de playa y franja de 80 metros medidos desde la línea de marea más alta.



## ILUSTRACIÓN 2-4 ESQUEMA BORDE COSTERO



Esto bien puede cambiar en un futuro: en Alemania actualmente se está considerando extender el ordenamiento territorial a las 12 millas debido a la creciente competencia entre las actividades como son tráfico de buques, pesca extractiva, maricultura, parques para molinos de viento, gaseo- y oleoductos, parques naturales marinos, uso militar, turismo, etc.

### 2.3.- Situación política de Chile

Los logros en el plano económico, para que sean duraderos, deben estar necesariamente acompañados por un grado importante de consenso político que otorgue seguridad en el entorno económico de que la inversión se mantendrá en el tiempo. Tal ha sido la experiencia en Chile. Muy concretamente, el marco económico orientado al mercado, iniciado primero en el gobierno militar, fue posteriormente validado con el advenimiento del régimen democrático y la asunción al poder por parte de la coalición de centro izquierda, la "Concertación de Partidos por la Democracia". Los gobiernos de la Concertación (tres anteriores y el cuarto en marzo de 2006), han seguido impulsando el desarrollo del país dentro del marco de economía de mercado y prudente manejo macro económico, pero complementando estos avances con un fuerte énfasis en el gasto social y también políticas sustentables en relación con el cuidado del medio ambiente. La combinación del marco económico orientado al mercado, con un decidido respaldo político y renovado énfasis en el ámbito social ha dado resultados espectaculares. Algunos indicadores:



- La inversión, como porcentaje del PIB, subió de un 21% como promedio en 1985-89 a un 25% como promedio en 1990-1999.
- La inflación bajó de 27,3% en 1990 a 2,3% en 1999.
- La inversión externa como porcentaje del PIB subió de 2% en 1990 a un 6% en 1999.
- La pobreza ha disminuido de un 33% en 1992 a un 21,7% en 1998.

Como resultado de todo lo anterior, el liderazgo de la inversión privada como motor del desarrollo ha continuado profundizándose en Chile durante la década de los noventa. Sólo a modo de ejemplo, se destaca los US\$ 5 mil millones en inversión privada de infraestructura comprometidos en el marco del programa privado de concesiones, y los US\$ 350 millones que ha significado la conexión del gasoducto de Argentina a Chile que le ha reportado al país una importante reducción en sus costos de energía, particularmente en el sector industrial. Consecuentemente, el consenso político, necesario complemento de políticas macro y micro económicas apropiadas, se ha dado plenamente en Chile. Los indudables dividendos que el país ha obtenido con ello, constituyen la mejor garantía de que el marco imperante para el desarrollo de las inversiones y el crecimiento continuará manteniéndose en el futuro.

Las políticas económicas y los arreglos político constitucionales no operan en el vacío, sino que funcionan inmersos en el tejido social histórico de los países. Existen importantes antecedentes en este sentido que avalan la permanencia en el tiempo del modelo político económico prevaleciente en Chile. Los más importantes de destacar son los siguientes:

*a) Composición Nacional Homogénea:*

Debido a diversas circunstancias históricas que no es del caso detallar, se da en Chile, al igual que en parte del Cono Sur (Argentina, Uruguay), una composición étnica y cultural bastante homogénea. Ello ha permitido en el tiempo consolidar estructuras institucionales y nacionales que han quedado a salvo de crisis de nacionalidad.

La conformación relativamente homogénea del país ha permitido a lo largo de su historia conformar una estructura nacional estable que está dentro de los pilares de su desempeño político, económico e institucional.

#### *b) Tradición Constitucional*

Chile inició su camino a la independencia de España en 1810, proceso que culminó en 1818. Con posterioridad a la independencia de España, Chile vivió un período de anarquía y caudillismo militar. Chile tempranamente se consolidó constitucionalmente y vivió bajo un sistema democrático republicano desde 1833 hasta prácticamente 1973, con muy breves interrupciones en 1891 y 1925. El temprano ordenamiento republicano ha tenido vastos efectos que perduran hasta hoy. Entre otros, destacamos la tradición de respeto a la propiedad privada y los derechos del individuo frente al Estado. A modo de ilustración, en Chile existe un irrestricto respeto a la propiedad privada garantizado por la Constitución y las más de las veces, en litigios entre Estado y Privados, son estos últimos los favorecidos por las decisiones judiciales.

### **2.3.1.- La estructura de funcionamiento del estado**

El gobierno de Chile es una República que se inspiró en el espíritu de la Constitución de 1925 hasta la crisis política de 1973 cuando fue suspendida en la mayoría de sus estipulaciones. En 1980 se aprobó una nueva constitución, aunque sus apartados más importantes no se aplicaron plenamente hasta 1989.

#### *a) Poder Ejecutivo*

La Constitución de 1980 confiere el Poder Ejecutivo al Presidente, elegido por votación popular para un mandato de seis años, quien a su vez designa un gabinete. Su labor se apoya en 21 ministros de estado. Los Ministerios son: del Interior, Relaciones Exteriores, Defensa Nacional, Hacienda, Secretaría General de la Presidencia, Secretaría General de Gobierno, Economía, Fomento y Reconstrucción de Bienes Nacionales, Planificación y Cooperación, Justicia, Servicio Nacional de la Mujer, Obras Públicas, Salud,

Vivienda y Urbanismo, Agricultura, Minería, Transporte y Telecomunicaciones, Educación y Trabajo y Previsión Social.

*b) Poder Legislativo*

Según la Constitución de 1980, el Poder Legislativo recae en un Congreso bicameral, formado por la Cámara de Diputados (Cámara Baja), que consta de 120 escaños, y el Senado (Cámara Alta), que cuenta con 48 miembros. Al igual que el Presidente, los Diputados y Senadores son elegidos por votación popular, con la diferencia que el plazo es de 4 años para Diputados y ocho para los Senadores. Tienen derecho a voto todos los ciudadanos mayores de 18 años.

*c) Poder Judicial*

Constituye el tercer poder independiente que existe en Chile. Es administrado por la Corte Suprema, las Cortes de Apelaciones y la Corte Militar. La Corte Suprema, es el tribunal superior, está integrada por 21 magistrados, los que acceden al cargo al culminar la carrera funcionaria, sobre la base del mérito y la antigüedad. Su función primordial es ejercer la jurisdicción, aplicando la ley e interpretándola de un modo vinculante. Las resoluciones del poder judicial deben ser cumplidas por la fuerza pública y los otros poderes del estado no pueden interferir en ellas.

El sistema institucional chileno comprende también varios organismos autónomos; el Tribunal Constitucional, el Consejo de Seguridad Nacional, la Contraloría General de la República y el Banco Central.

*d) Gobierno Local*

Administrativamente, Chile está dividido en 13 regiones (entre ellas una Región Metropolitana donde se encuentra Santiago, su capital), subdivididas a su vez en 49 provincias. Los gobernadores o intendentes que presiden las regiones y los funcionarios que las administran son elegidos por el Presidente. Por otra parte, las provincias están divididas en comunas, siendo hoy en día un total de 342.

El gobierno interior de cada región corresponde al Intendente, en su calidad de representante del Presidente de la República. La administración de la región corresponde al Gobierno Regional, compuesto por el Intendente como órgano ejecutivo y el Consejo Regional como órgano resolutorio, nominativo y fiscalizador de aquél. Las funciones de administración son apoyadas por las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMI), órganos desconcentrados de los Ministerios, subordinados a nivel regional al Intendente. A nivel provincial, el Gobierno corresponde al Gobernador, subordinado al Intendente.

La administración comunal recae en la Municipalidad, compuesta por el Alcalde como autoridad superior y el Consejo, presidido por el Alcalde como órgano resolutorio, normativo y fiscalizador de aquél, ambos de elección popular cada 4 años.

## **2.4.- SITUACIÓN ECONÓMICA DE CHILE**

La economía chilena optó desde mediados de los setenta en adelante, por un esquema económico de libre mercado, con apertura al comercio internacional de bienes y servicios, reducción de la intervención del Estado en la economía, liberalización de los mercados claves (bienes, trabajo y capital), apertura a la inversión extranjera, bajo un trato no discriminatorio con los nacionales, y decidido fortalecimiento de los derechos de propiedad.

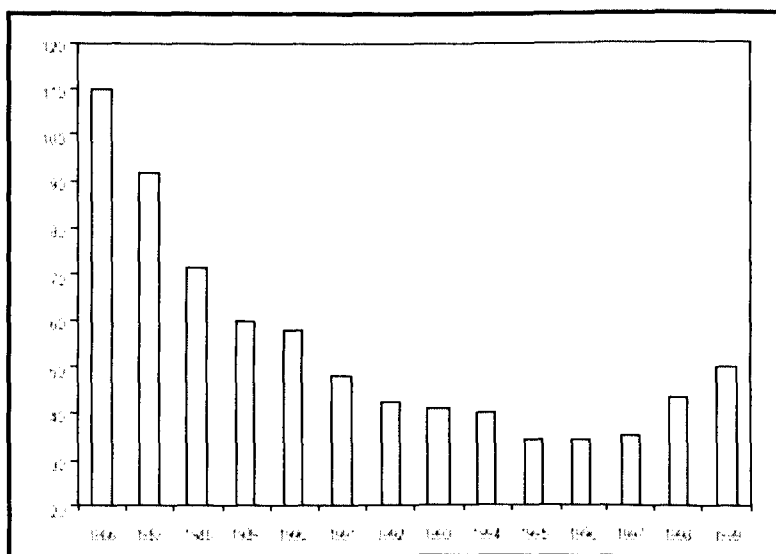
Este proceso de liberalización económica, que comenzó alrededor de 1975, reemplazó al modelo de sustitución de importaciones con alta intervención estatal que el país había seguido, bajo diferentes variantes desde la década del treinta.

Después de crisis financiera la principio de los ochenta, el país retomó la senda de crecimiento, reforzando los avances en materia de liberalización microeconómica, pero complementándolos esta vez con un estricto manejo macroeconómico, que apuntó principalmente a una regulación financiera más exhaustiva, al control de los flujos de capitales de corto plazo y, finalmente, a la promoción sostenida de las exportaciones.

En el aspecto microeconómico, se refuerzan las reformas de libre mercado realizadas con anterioridad, consolidándose el protagonismo de la empresa privada, nacional o extranjera, como motor del desarrollo. En el aspecto macro, se le da particular énfasis a evitar que la demanda agregada crezca por arriba de niveles sostenibles, permitiendo de esa forma que el proceso de crecimiento sea sostenido. Esto ha sido consolidado también con la autonomía otorgada al Banco Central desde 1990.

Chile ha podido sortear la pasada crisis financiera asiática y regional con una leve recesión, sin crisis de balanza de pagos, ni préstamos de emergencia en los mercados internacionales, a diferencia de otros casos menos afortunados en la región. La sólida situación financiera de Chile queda en evidencia al analizar las cifras de deuda externa como proporción del PIB (Gráfico 2-1), observándose una significativa y sistemática disminución de la deuda desde un 110% del PIB en 1986 a un 43% en 1998. Por efectos de la recesión esta proporción se elevó a 50% en 1999, pero ha disminuido a niveles menores que antes de 1998.

**GRÁFICO 2-1**  
**DEUDA EXTERNA V/S PIB, 1986-1999**



Fuente : Extraído de [www.todochile.cl](http://www.todochile.cl) en base a información del Banco Central de Chile.

### **2.4.1.- Experiencia económica de Chile**

De acuerdo al libro “The Age of Diminished Expectations”, escrito por el economista Paul Krugman se plantea que el desempeño económico de un país debe ser evaluado atendiendo a los siguientes indicadores:

- Generación de empleo
- Crecimiento de la productividad.
- Distribución de ingreso.

De acuerdo a Krugman, de modo casi invariable, un desempeño positivo en cada uno de estos indicadores conforma de por sí un desempeño global altamente positivo y excepcional; falencias en alguno de estos indicadores sugerirían una evaluación positiva pero cautelosa; falencias en casi todos ellos constituirían receta segura de desastre económico, presente o ad portas. Sin duda alguna, el desempeño de la economía chilena durante los últimos 15 años, medido por los exigentes indicadores de Paul Krugman, ha sido favorable. El ingreso per cápita, medido en dólares, ha crecido a razón de 9% por año entre 1985 y 1999, tasa que se encuentra dentro de las más altas del hemisferio occidental, pese a la caída de los últimos dos años como consecuencia de la crisis asiática. La economía pasó de tener un ingreso per cápita de US\$ 1.360 en 1985 a US\$ 3.749 en 2002 (ver Gráfico 2-1); el aumento de la productividad del trabajo fue de 3,5% anual en el período indicado y se generaron casi 2 millones de empleos. Como consecuencia de todo ello, el desempleo bajó de un 13% en 1985 a un 7% en 1998; aunque subió a casi 10% entre 1999 y 2002 por la baja actividad económica mundial. De acuerdo a los cálculos de ingreso del Banco Mundial, que consideran la corrección por poder de compra en cada país, así como otros ajustes por concepto de calidad de vida, Chile ocupa el primer lugar en ingreso per cápita de toda América Latina. Así, en sólo quince años, el país ha pasado a ser el más próspero de la región y de los con más altas tasas de crecimiento en el hemisferio occidental.

#### **2.4.2.- Exención de impuestos de aduana**

Según la legislación vigente (Ley N°19.589), desde el año 2003, Chile posee un arancel parejo de 6% para todos los productos importados. Adicionalmente, Chile ha suscrito y negociado varios acuerdos comerciales, lo cual amplía las posibilidades de importación de productos desde aquellos países bajo acuerdos de comercio, a la vez que vuelve recíproco al trato de productos chilenos importados por estos países.

El arancel varía en función de los acuerdos económicos que se han materializado entre Chile y otros países del mundo. En términos generales, cada producto, dependiendo de su país de procedencia, cuenta con un arancel diferenciado. Para obtener mayor detalle con relación a este aspecto, se debe consultar el Manual Arancelario de Chile, documento que es actualizado día a día.

#### **2.4.3.- Leyes de fomento a la inversión**

Las personas naturales y jurídicas extranjeras, y las chilenas con residencia y domicilio en el exterior, pueden transferir capitales extranjeros a Chile para lo cual deben celebrar un contrato de inversión extranjera. La transferencia de capital extranjero a Chile debe efectuarse utilizando algunos de los siguientes estatutos legales:

- Artículo N°47 de la Ley Orgánica Constitucional del Banco Central de Chile (conocido también como capítulo XIV del Compendio de Normas sobre Cambios Internacionales);
- Decreto Ley N°600, Estatuto de Inversión Extranjera. El sistema de inversión extranjera con pagarés de la deuda al exterior, sin restricciones de plazo.

La legislación chilena concede incentivos comerciales o tributarios especiales para:

- La industria petrolera.
- La industria de elementos radioactivos.
- Las operaciones en las zonas francas de Arica, Iquique y Punta Arenas.
- Las operaciones en las Regiones I, XI y XII y, en la provincia de Chiloé.
- Los exportadores.

#### **2.4.3.1.- Incentivos a la industria petrolera**

Las empresas que suscriben un acuerdo de explotación petrolera con la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) pueden ser eximidas del régimen tributario normal. Como sustituto, se aplica un impuesto del 50% al contrato. No obstante lo anterior, se pueden otorgar reducciones de hasta el 100% de este impuesto sustituto o del régimen tributario normal de las empresas, dependiendo del grado de riesgo que haya para el contratista. Se pueden otorgar reducciones similares relacionadas con impuestos, derechos y aranceles sobre la importación de la maquinaria y el equipo necesario para cumplir con el contrato.

Los subcontratistas extranjeros no residentes están sujetos a un impuesto fijo del 20% sobre sus honorarios brutos.

#### **2.4.3.2.- Incentivos a la industria de elementos radiactivos**

Las empresas que suscriben un contrato con la Comisión Chilena de Energía Nuclear para explorar, explotar o procesar sustancias radioactivas pueden recibir un tratamiento de impuestos similar al de la industria petrolera.



### **2.4.3.3.- Incentivos para la zona franca**

Una zona franca es un área de territorio que rodea un puerto o aeropuerto que para efectos de aranceles de importación se considera que está fuera del territorio de Chile.

Actualmente, existen zonas francas en los puertos de Iquique, Arica y Punta Arenas. La zona franca de Arica está disponible sólo para la industria electrónica, metalmecánica y química.

Las mercancías importadas a una zona franca pueden ser mantenidas en depósito, exhibidas, desembaladas, empacadas, etiquetadas, divididas, reempacadas o vendidas dentro de la zona franca. Además, los productos y materias primas importados pueden ser ensamblados, terminados, conectados, manufacturados o transformados dentro de la zona franca.

A las empresas que operan dentro de una zona franca se les otorgan las siguientes exenciones:

- Impuesto de Primera Categoría: todas las operaciones dentro de la zona franca están exentas;
- Impuesto al Valor Agregado: todas las operaciones dentro de la zona franca están exentas;
- Aranceles de Importación: los productos importados a una zona franca están exentos.

Las ventas y transferencias de mercancías desde una zona franca a otra área del país se consideran importaciones y generarán aranceles de importación e Impuesto al Valor Agregado (IVA) cuando sean sacados de la zona franca. Sin embargo, la I Región y la Región de Punta Arenas se consideran zonas de extensión de la zona franca. Los productos transferidos de las zonas francas a las zonas de extensión están sujetos a un impuesto único de 5,6%; puede aumentar o disminuir en la misma proporción en que pueda aumentar o disminuir el arancel aduanero medio.

#### **2.4.3.4.- Incentivos regionales**

Las actividades ubicadas en el extremos norte (I Región) y en el extremo sur (XI y XII Regiones y Provincia de Chiloé) tienen una exención parcial en el impuesto a la renta personal de los empleados. Se permite una deducción a la renta imponible personal equivalente a la que es otorgada a los empleados públicos en la Región.

Adicionalmente, la mayoría de los empleados recibe un incentivo equivalente al 17% de las remuneraciones imponibles con un tope de \$90.000 reajustables en forma anual (aproximadamente US\$ 190). Estos beneficios se pierden si el contribuyente no paga sus impuestos oportunamente.

También existen incentivos tributarios especiales para las actividades en Tierra del Fuego o en el Territorio Antártico.

#### **2.4.3.5.- Incentivo a los exportadores**

Las bodegas de exportaciones privadas permiten a los exportadores usar materias primas y piezas extranjeras en sus procesos de fabricación sin pagar aranceles de importación, siempre que los productos sean exportados dentro de un período determinado.

Ya que las exportaciones no están afectas al IVA, los exportadores obtienen el reembolso de todo el IVA generado en sus compras de productos o servicios relacionados con sus actividades de exportación. Este reembolso también es aplicable a las empresas que transportan carga y pasajeros hacia y desde Chile, a las que proporcionan alimentos y bebidas a aviones y barcos en tránsito, y a las que prestan servicios a entidades no residentes que son considerados como exportaciones por el servicio de aduanas.

Se otorga un reintegro ("drawback") equivalente al 10%, 5% ó 3% del valor de las exportaciones "no tradicionales", si el valor FOB total de las mismas de cualquier año calendario no es superior a US\$ 11.450.000 ó US\$ 17.175.000 ó US\$ 20.610.000, respectivamente. Los productos excluidos de este beneficio se detallan en una lista que es publicada a más tardar el 30 de marzo de cada



año. Sin embargo, se han incorporado cambios en el funcionamiento de este reintegro simplificado, debido a la promulgación de la Ley de rebaja arancelaria. De hecho, en un par de años dejará de existir este sistema. Los exportadores pueden obtener el reembolso de los derechos de aduana que hayan pagado en las importaciones de materias primas, productos semimanufacturados y piezas si éstos han sido utilizados en productos o servicios exportados. El exportador debe elegir entre este reembolso y el reintegro a las exportaciones no tradicionales si tiene derecho a ambos beneficios.

La nueva Ley de Aduanas permite el reintegro de los derechos en las importaciones de productos que sean reexportados después de procesos menores, tales como ensamblaje, embalaje, terminación, planchado y etiquetado. Los exportadores que importan bienes de capital pueden diferir el pago de los derechos de aduana entre 3 y 7 años. Esta obligación puede ser castigada anualmente según la proporción que existe entre las exportaciones de productos y servicios y las ventas totales, multiplicada por ciertos factores físicos.

El castigo no puede ser superior al valor FOB de las exportaciones del período. La Tesorería otorga un préstamo del 73% de los derechos aduaneros vigentes a los exportadores que compren bienes de capital nuevos producidos en Chile. Este préstamo debe ser repagado entre 3 y 7 años y puede ser castigado en la misma forma que los pagos diferidos de derechos de aduana. Tanto el préstamo en efectivo como los derechos de aduana diferidos están denominados en dólares y devengan interés.

#### **2.4.4.- Acuerdos de libre comercio**

La tendencia mundial está caracterizada por la conformación de agrupaciones económicas regionales, globalización y creciente internalización de la economía mundial, y frente a esto Chile pretende lograr una inserción internacional múltiple y flexible. Dada esta realidad mundial y las intenciones de la liberalización del comercio mundial, la estrategia de inserción económica internacional que ha adoptado Chile, en el contexto del denominado “regionalismo abierto”, reúne tres instrumentos o vías complementarias. La apertura unilateral, que viene aplicándose desde hace dos décadas; las

negociaciones comerciales multilaterales, a nivel bilateral y regional, que se utilizan, en forma intensa y creciente, desde inicios de la década de los noventa.

En la actualidad, Chile dispone de un mercado de 400 millones de consumidores a los que puede llegar en forma preferencial a través de los acuerdos comerciales vigentes con: MERCOSUR, Canadá, México, Colombia, Bolivia, Venezuela y Ecuador.

Chile ha firmado recientemente un acuerdo comercial con la Unión Europea, con Países Asiáticos como Corea, con Estados Unidos de Norte América y participa activamente en el en los foros de cooperación económica y de integración de Asia Pacífico, APEC, y en el Area de Libre Comercio de las Américas, ALCA. Nuestro país es el miembro de la Organización Mundial de Comercio (OMC), a cuyo amparo se han celebrado y se administran numerosos acuerdos y convenciones relativos a un amplio espectro dentro del comercio internacional, cubriendo aspectos relativos a reducción arancelaria, gestión de aduanas, agricultura, medio ambiente, inversiones, servicios, salvaguardias, medidas compensatorias, derechos antidumping, cooperación internacional en diversos ámbitos, propiedad intelectual, sectores o industrias y, en algunos casos, protocolos adicionales.

A continuación se listan los convenios negociados y vigentes en Chile.

Acuerdo de Complementación económica Chile-Bolivia ACE N° 22  
Acuerdo de Complementación económica Chile-Venezuela, ACE N° 23  
Acuerdo de Complementación económica Chile-Colombia, ACE N° 24  
Acuerdo de Complementación económica Chile- Ecuador, ACE N° 32  
Acuerdo de Complementación económica Chile- Mercosur, ACE N° 35  
Tratado Libre Comercio Chile-México, ACE N° 17  
Tratado Libre Comercio Chile-Canadá  
Tratado Libre Comercio Chile-Centroamérica  
Acuerdo de asociación entre Chile y la Comunidad Europea  
Tratado de Libre Comercio entre Chile y Estados Unidos de Norte América

Para mayor detalle de estos acuerdos dirigirse al anexo 5.

### **2.4.5.- Terceros mercados**

Chile está unido a América Latina y el Caribe por un creciente intercambio económico, comercial y financiero. A partir de 1990, el país ha complementado y profundizado su proceso de inserción a través de la conformación de acuerdos bilaterales en el ámbito comercial, económico y financiero.

Entre 1993 y 1996 el intercambio entre Chile y los países latinoamericanos creció en un 80%; en 1996 alcanzó los US\$ 7.771 millones para llegar a US\$ 8.228,5 en 1998. Hoy, la región es su segundo socio comercial, después de Europa.

## **2.5.- SISTEMA TERRITORIAL PORTUARIO DE CHILE**

La longitud de la costa chilena correspondiente al territorio continental es de unos 4.200 km a los que se suman 83.850 km de longitud de costa de los archipiélagos de la zona austral y finalmente se agregan otros 190 km de costa ubicada en el territorio insular que comprende las islas de Pascua, Salas y Gómez, San Félix y archipiélago Juan Fernández.

Pese a disponer del largo y extenso borde señalado anteriormente, Chile dispone de un número reducido de zonas apropiadas para la construcción de nuevas instalaciones portuarias. Actualmente un total de 32 puertos se encuentran en operación, con participación tanto pública como privada.

A la fecha existen 22 puertos en manos del sector privado, siendo este último sector responsable de la construcción, administración y operación de los nuevos terminales. El esquema de asociación público - privada se puso en marcha bajo el sistema de concesiones marinas implementada en la década de los ochenta y prácticamente sin ingerencia del Estado, salvo en normas de tipo general en materia de infraestructura. En cuanto a la estructura administrativa de los puertos estatales, ésta se traduce en diez empresas portuarias autónomas que son responsables de la administración, explotación, desarrollo y preservación de los puertos y terminales asignados a cada cual. Estas

empresas autónomas fueron creadas a partir de la división de empresa portuaria chilena (EMPORCHI) y que concluyó con la desaparición de esa Empresa, la única empresa portuaria del Estado existente a esa fecha, a través de un proceso de modernización del sistema portuario estatal basado en la incorporación del sector privado en los puertos que hasta la fecha se mantenían bajo exclusivo control de EMPORCHI.

Lo anterior, a través de la entrega de concesiones para la operación de esta infraestructura. El objetivo primordial del proceso de modernización anterior consistió en atraer mayor inversión para aumentar la competitividad de la infraestructura y servicios portuarios, en calidad, precios y oportunidad, de tal forma de producir la disminución sostenida en el tiempo de los costos totales de la cadena de transporte para los productos, nacionales o extranjeros, que utilicen el comercio marítimo y los puertos chilenos.

La distribución espacial de los puertos estatales ubicados de norte a sur a lo largo del litoral chileno es prácticamente homogénea y corresponde a las siguientes: Arica, Iquique, Antofagasta y Coquimbo en la Zona Norte, Valparaíso y San Antonio, en la Zona Central, Talcahuano, San Vicente, Puerto Montt, el Terminal de transbordadores de Puerto Chacabuco, Punta Arenas y el Terminal de Transbordadores de Puerto Natales en la zona Sur Austral del país. Para mejor visualización, ver ilustraciones 2-5 y 2-6.

En la actualidad de acuerdo al movimiento de carga los puertos de mayor actividad son: San Antonio, Valparaíso, Talcahuano y San Vicente. De entre estos puertos el principal movimiento se realiza en San Antonio. En cuanto al movimiento de contenedores, éste se concentra fundamentalmente en los puertos de Valparaíso y San Antonio.

ILUSTRACIÓN 2-5

MAPA TERRITORIAL

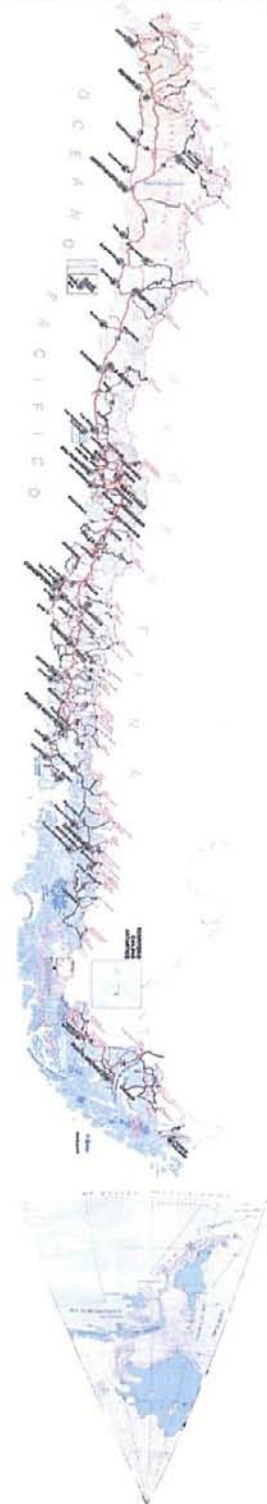
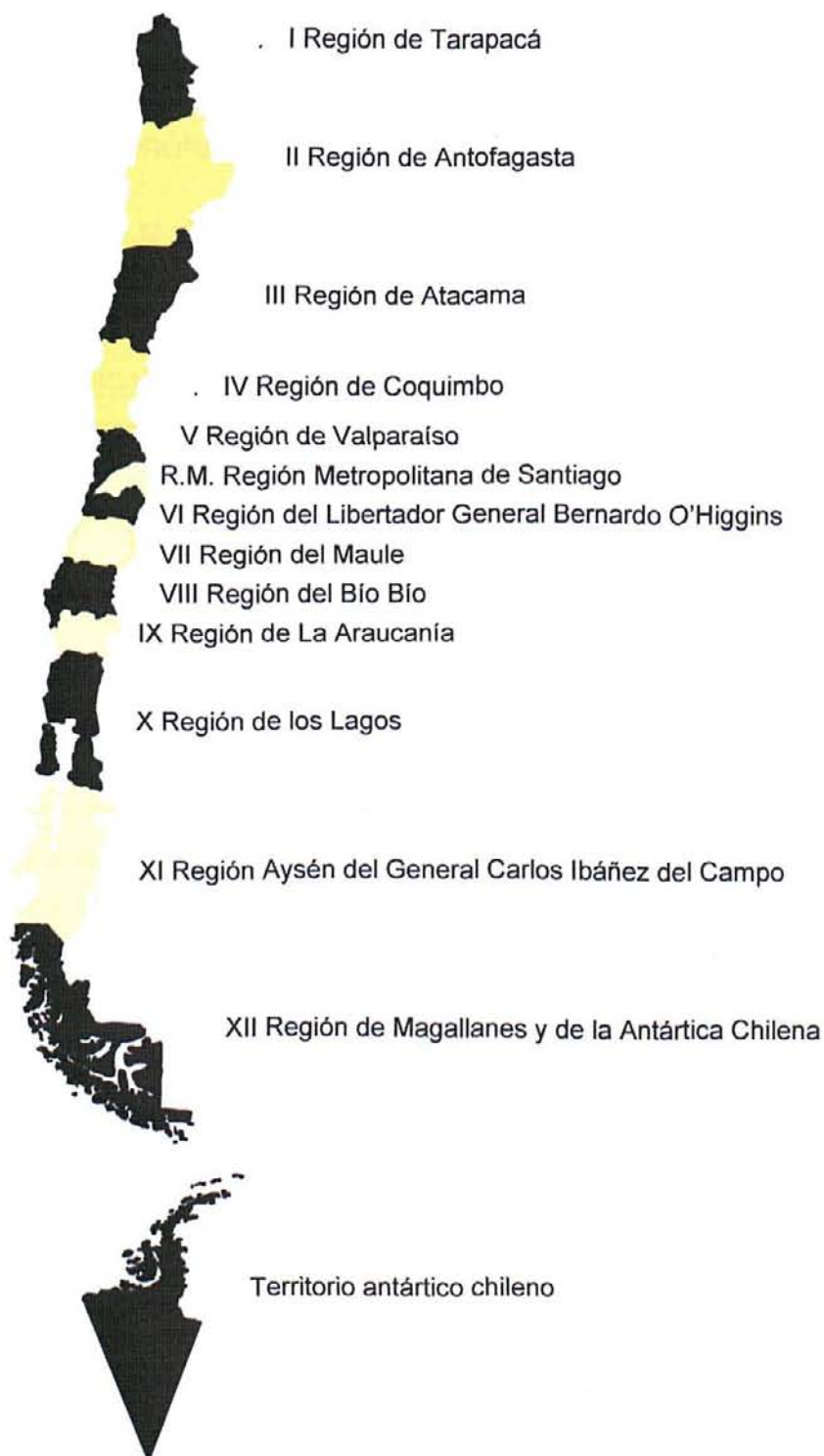


ILUSTRACIÓN 2-6

MAPA POLÍTICA DE CHILE



De acuerdo a la legislación vigente, el país se encuentra dividido en 13 regiones, indicadas en ilustración anterior, 51 provincias y 342 comunas. Su capital es Santiago, ubicada en la Región Metropolitana, ciudad que constituye

un importante centro comercial. Otras ciudades de importancia incluyen a San Antonio (el puerto principal en términos de volumen transado), Valparaíso, Concepción, Antofagasta, Iquique y La Serena.

### **2.5.1.- El borde costero y la ciudad-puerto**

En Chile, el borde costero ha adquirido en la última década una importancia creciente, y diversas son las acciones tanto estatales como privadas que evidencian la gestión integrada del territorio.

Esta importancia se manifiesta en la presión que han ejercido diversos sectores económicos, sociales e institucionales en orden a emigrar y establecerse en sus entornos. Entre éstos se destacan: el puerto e instalaciones portuarias, industrias en el litoral o de ribera, pesca artesanal e industrial, acuicultura, turismo, recreación, deportes náuticos, incluyendo infraestructura asociada.

Sin duda, son los propios puertos, producto de la importancia en la movilización de carga (sobre el 8)% del total de exportaciones e importaciones del país), los que han sufrido las mayores transformaciones e impactado con mayor profundidad en el borde costero de las ciudades en que se emplazan.

Tanto por su situación estratégica para el creciente tráfico con el Pacífico (Punta Arenas), por su producción minera en el norte del país (Iquique, Antofagasta y Coquimbo), o por su vinculación geopolítica con otra ciudad (Valparaíso con Santiago y Talcahuano con Concepción), el borde de mar de cada puerto fue paulatinamente motivo a su vez de diversas transformaciones.

Asimismo, a consecuencia del progresivo desarrollo industrial del puerto se produjo una división entre la ciudad y las actividades portuarias. Un ejemplo recurrente en este sentido fue el tendido de ferrocarriles, que seccionó virtualmente el espacio urbano en su obligación de llegar con los bienes o productos transportados hasta el borde mismo de mar. También las bodegas, capitanías de puerto, aduanas, estaciones de ferrocarril, hoteles, almacenes generales, encontraron su ubicación natural en el área urbana de contacto entre lo cívico y el borde costero produciendo una separación fuerte entre la ciudad y el puerto. La mayor complejidad, así como la especialización de cada puerto,



obligó con el tiempo al puerto a transformarse en una empresa de manipulación de mercancías y, como tal, a sacrificarse de acuerdo a las transformaciones que las transferencias de carga fueron sufriendo. El puerto se transformó en un recinto amurallado e inaccesible que rompió con la continuidad original de la ciudad, se generó la periferia, se quebró la cultura urbana.

Esta visión contrasta con el Puerto del siglo pasado, donde éste y lo Portuario constituían un todo armónico. El plan destinado a los almacenes, grandes bodegas y edificios comerciales, miradores y barrios destinados a la vivienda se desarrolló a partir de su interrelación con el puerto, y dichas actividades nacieron directamente de él. Como señala una imagen antigua del puerto de Valparaíso, "podríamos imaginarnos una señora de traje elegante, sombrero y quitasol, que desciende de un majestuoso velero, avanza a lo largo del muelle con sus manos puestas sobre un lustrado pasamanos, atraviesa la plaza, sube unas gradinatas y entra al salón principal del edificio de gobierno en un recorrido fluido y continuo".

Era un puerto en que pasajeros y mercancía tenían igual importancia, y por lo tanto, una incidencia directa en el quehacer de la ciudad, su conformación urbana, su cultura urbana.

Los puertos nacieron a partir de la plaza mayor, eran plazas públicas, donde se ejercían todas las actividades, un centro urbano. Todo lo portuario era un quehacer público, que se extendía en continuidad dando forma a la trama urbana, trama que se posó sobre una topografía cóncava, una rada de mar y de tierra que determinó su orden por visibilidad.

En esta visión temprana del Borde Costero se distinguían claramente dos espacios públicos abiertos en el tejido urbano portuario. La plaza de la aduana, la capitanía de puerto con su muelle de pasajeros en el borde de mar, repitiendo a pocas cuerdas el equivalente en la plaza principal de la ciudades indianas, con las intendencias, catedrales, municipios y comercio que las flanqueaban. En resumen, la integración armónica en un solo ente urbano arquitectónico de los sectores residenciales y portuarios de las ciudades del litoral que existían hasta mediados del siglo XIX experimentó un deterioro progresivo en las últimas décadas debido a las exigencias del progreso industrial. Se estableció, entonces un divorcio entre la ciudad - puerto que

todavía se mantiene. El puerto creció y reclamó áreas para su desarrollo, accesos para transportar sus productos, negando a la ciudad de espacios en el borde costero que permitieran desarrollar actividades para acercar a los habitantes al borde mar. En este sentido el ejemplo más claro es el puerto de Valparaíso donde, por su conformación espacial, su borde se mantuvo cerrado a la ciudad que lo contemplaba lejana desde los cerros. (Gabriel A., Busquets J, 2001)

En los últimos años se han logrado avances considerables en cuanto a reconstituir la relación de la ciudad y el puerto. La valorización de los espacios junto al agua han generado un cambio en los patrones de explotación del uso del suelo costero.

Un ejemplo de ello es la ciudad de Valparaíso, donde se desarrolló en el año 2001 un estudio de las alternativas de uso del borde costero, que determinó cinco unidades de desarrollo para la infraestructura costera. En dicho marco una de las unidades determinadas corresponde al muelle Barón. La zona del puerto de mayor hinterland, y que cuenta con un emplazamiento estratégico dentro de la ciudad, en esta zona las autoridades, en conjunto con el sector privado, trabajan en la generación de nuevos negocios de tipo turístico, comercial, cultural, servicios, entre otros que permitirán crear un espacio público de proporciones urbanas con acceso de la gente a su borde de mar.

Otro de los sectores determinados adyacentes al puerto de Valparaíso es la caleta de pescadores artesanales Portales, donde se construirá infraestructura costera portuaria con el objetivo de mejorar las condiciones de operatividad, producción y comercialización de los pescadores que trabajan en la caleta. Dado su estratégica ubicación, entre Viña del Mar y Valparaíso, se pretende diseñar una obra que cumpla con las necesidades ciudadanas, tanto turísticas, de esparcimiento y recreación. (J. Benavides, Valenzuela, Pizza 2001).

Otro de los ejemplos relevantes en este cambio de percepción y gestión del territorio costero es el Plan de Desarrollo de Infraestructura Costera y Portuaria que impulsa el Ministerio de Obras Públicas, a través de su Dirección de Obras Portuarias, que cuenta con distintos programas de construcción y fiscalización de la infraestructura costera que se construye en el país. Entre los

más relevantes se cuenta el Programa de Desarrollo Estratégico, el cual busca la coordinación con los sectores públicos y privados a fin de fortalecer la actividad costera y portuaria nacional y el área operativa de inversión que está conformada por los Programas de Infraestructura portuaria artesanal, de conexión, de ribera, turística, acuícola y pesquera industrial, de recuperación y conservación de la infraestructura costera patrimonial e histórica y además por el programa de fiscalización y conservación de infraestructura portuaria.

Un ejemplo de este Plan es la revitalización del Borde Costero de la Ciudad de Antofagasta, que en una primera etapa consideró la remodelación del Balneario Municipal de la ciudad. Este proyecto contempló tanto obras marítimas como terrestres para el mejoramiento estructural de esta zona. El paseo costero generado con la construcción de la costanera de dicha ciudad, vino a conformar otra obra que potencia el borde de mar como espacio de recreación y de protección del litoral. En el futuro se ha planteado construir una playa artificial, que se encuentra en estudio, en la zona denominada El Carboncillo en la misma ciudad. Esta obra, mediante asociación público y privada, pretende responder a las necesidades turísticas y de recreación de la población. Asimismo, en zonas aledañas a los puertos de San Antonio y Coquimbo, se ha planificado construir infraestructura que, junto con reordenar y contribuir a potenciar las actividades de operación de los pescadores artesanales, también aporte al turismo y recreación de los habitantes, constituyendo mejoras medioambientales y una mejor relación entre las zonas portuarias artesanales con la ciudad

A otra escala, también se han construido una serie de paseos marítimos que, junto con proteger el litoral y contribuir con la mejoría de las condiciones de operación de los pescadores artesanales (asociadas a rampas de embarque y desembarque o explanadas de trabajo) han generado espacios de esparcimiento de su entorno cultural y recreación para sus habitantes: localidades de Huelmén, Los Molinos, Pichilemu, Carelmapu, San Pedro de Con - Con etc. (*El Borde Costero*, Subsecretaría de Marina, Chile)

### **2.5.2.- Ciudades y puertos de Chile**

Pese a disponer del largo y extenso borde señalado anteriormente, Chile dispone de un número reducido de zonas apropiadas para la construcción de nuevas instalaciones portuarias. Actualmente un total de 32 puertos se encuentran en operación, con participación tanto pública como privada.

A la fecha existen 22 puertos en manos del sector privado, siendo este último sector responsable de la construcción, administración y operación de los nuevos terminales. El esquema de asociación público - privada se puso en marcha bajo el sistema de concesiones marinas implementadas en la década de los ochenta y prácticamente sin ingerencia del Estado, salvo en normas de tipo general en materia de infraestructura. En cuanto a la estructura administrativa de los puertos estatales, ésta se traduce en diez empresas portuarias autónomas que son responsables de la administración, explotación, desarrollo y preservación de los puertos y terminales asignados a cada cual.

Estas empresas autónomas fueron creadas a partir de la división de EMPORCHI y que concluyó con la desaparición de esa Empresa la única empresa portuaria del Estado existente a esa fecha, a través de un proceso de modernización del sistema portuario estatal basado en la incorporación del sector privado en los puertos que hasta la fecha se mantenían bajo exclusivo control de EMPORCHI.

Lo anterior, a través de la entrega de concesiones para la operación de esta infraestructura. El objetivo primordial del proceso de modernización anterior consistió en atraer mayor inversión para aumentar la competitividad de la infraestructura y servicios portuarios, en calidad, precios y oportunidad, de tal forma de producir la disminución sostenida en el tiempo de los costos totales de la cadena de transporte para los productos, nacionales o extranjeros, que utilicen el comercio marítimo y los puertos chilenos.

### **2.5.3.- Referencia histórica del sistema portuario chileno**

Chile fue originalmente habitado por numerosos grupos indígenas, siendo los principales los Incas en el norte y los Mapuches en el sur.

El primer europeo que llegó a lo que hoy es Chile fue el portugués Hernando de Magallanes, tras atravesar en el año 1520 el estrecho que hoy lleva su nombre; los indígenas denominaban a esta región con el nombre de Tchili, palabra autóctona que significa "nieve".

En la época de la visita de Magallanes, la mayoría del territorio chileno situado al sur del río Rapel estaba dominado por los mapuches, una tribu notable por su habilidad guerrera, que fue el único pueblo indígena que no sucumbió de forma inmediata a la conquista de los españoles. Las tribus que ocupaban las regiones septentrionales habían sido dominadas durante el siglo XV por los incas de Perú.

En 1535, al concluir Francisco Pizarro la conquista de Perú, uno de sus lugartenientes, Diego de Almagro, encabezó una expedición terrestre hacia Chile en busca de oro, regresando inmediatamente al Cuzco sin obtener los resultados apetecidos.

Otro de los oficiales de Pizarro, Pedro de Valdivia, dirigió una segunda expedición al sur de Chile en el año 1540. A pesar de la feroz resistencia de los mapuches, Valdivia consiguió fundar varios asentamientos, entre ellos, Santiago (1541), Concepción (1550) y Valdivia (1552). Sin embargo, en 1553 los mapuches organizaron un levantamiento, mataron a Valdivia y a muchos de sus seguidores, y destruyeron todas las ciudades a excepción de Santiago, Concepción y La Serena. La rebelión fue la fase inicial de una guerra que proseguiría durante casi tres siglos; las hostilidades continuaron de forma intermitente durante y después del período colonial español, y no cesaron sino hasta finales del siglo XIX. En la organización colonial española, Chile fue originalmente una dependencia del virreinato del Perú, y sólo más tarde tuvo su propio gobierno, la Capitanía General de Chile. El país se desarrolló con lentitud porque carecía de plata u oro que atrajeran a los españoles, y por la belicosidad de los mapuches; además, estaba situado muy lejos de los principales centros

de colonización española en Perú y era poco accesible. La principal ocupación era la agricultura en el valle Longitudinal, y Chile suministraba a Perú productos alimenticios, sobre todo trigo.

Durante los 270 años de gobierno español, el desarrollo de la economía se basó en la agricultura y minería (oro y plata). La población urbana vivía del comercio.

Chile proclamó su independencia en septiembre de 1810, con el establecimiento de la primera Junta de Gobierno. En 1818 sus habitantes votaron y aprobaron la Constitución, siguiendo la tradición de un gobierno democrático.

A partir de 1861, se efectuaron reformas constitucionales para promover el bienestar social, intensificándose el desarrollo de los recursos nacionales, en especial mediante la creación de nuevas vías ferroviarias, carreteras y un sistema postal.

Poco tiempo después, Chile comenzó a explotar los yacimientos de nitratos del desierto de Atacama. Ante la intención de Bolivia de embargar las instalaciones salitreras, las tropas chilenas ingresaron en 1879 en el puerto boliviano de Antofagasta. Perú, aliado de Bolivia, declaró la guerra a Chile, iniciándose la Guerra del Pacífico que acabó en 1883. Chile se anexionó un amplio territorio que englobaba las actuales regiones de Antofagasta y Tarapacá. Además, Perú cedió a Chile las ciudades de Tacna y Arica, a condición de que se celebrara un plebiscito para establecer la definitiva soberanía sobre las mismas. Aunque ambos países no llegaron a un acuerdo respecto a las condiciones del plebiscito, las sucesivas negociaciones culminaron en 1929 (Tratado de Lima) retornando Tacna al Perú y quedando Arica en manos de Chile y trazando el límite fronterizo (la llamada línea de la concordia) actual límite geográfico de Chile y el Perú.

#### **2.5.4.- Los puertos marítimos chilenos en la época colonial**

Conocer aspectos fundamentales de la historia permite muchas veces conocer el contexto global del inicio del desarrollo de algún sistema en funcionamiento actualmente. Sobre todo, de un sistema portuario de un país con características geopolíticas tan peculiares como las de Chile. Se menciona esto,

debido a la extensa y delgada región territorial de Chile y casi aislada de sus países limítrofes, por la cordillera de los Andes con Argentina y el Desierto de Atacama con Bolivia y Perú. Sus 4.200 kilómetros de costa bañadas por el Océano Pacífico posibilita la comunicación con el resto del mundo a través de una infinidad de potenciales rutas marítimas encadenadas con su sistema portuario.

A continuación se indica una breve reseña histórica de cada puerto del sistema público chileno, actualmente concesionados a privados.

#### **2.5.4.1.- Puerto de Arica**

Arica fue un caserío durante el imperio Inca. En 1541, don Francisco Pizarro entregó a Lucas Martínez Vegaso el territorio costero de Arica comprendido entre la desembocadura de la Quebrada de Camarones por el sur, y el poblado indígena de Ilo por el norte. También estaba a cargo de un contingente de 363 indios con quienes fue posible transformar el caserío en un centro de movimiento de mineral de plata de Potosí.

En 1904, después de la guerra del pacífico entre Chile, Perú y Bolivia se firmó el tratado de paz, amistad y comercio con Bolivia, comenzando la actividad portuaria comercial, fortalecido por la explotación de las salitreras ubicadas en estas regiones.

#### **2.5.4.2.- Puerto de Iquique**

En el siglo XVI se le llamaba Puerto de Tarapacá; durante el siglo siguiente se le conoció por puerto de Ique-Ique; luego en siglo XVIII se le llamó Nuestra Sra. de la Concepción de Iquey-que y finalmente a contar de la época salitrera en el siglo XIX recibió su denominación actual: IQUIQUE.

En sus inicios, Iquique era una caleta pesquera habitada por los changos y en la cual se explotaba también las guaneras de aves marinas en la antigua "Isleta de Iquique". El movimiento portuario de la época estaba reducido al

embarque de este guano en pequeños veleros navegadas por los indígenas changos, que se dedicaban a su transporte.

En 1828 el gobierno peruano autorizó realizar las exportaciones de salitre a través del puerto de Iquique lo que produjo un desarrollo paulatino de la industria salitrera en el Cantón de la Noria y también el aumento de la actividad portuaria.

La "isleta de Iquique" se denominó luego isla Serrano en recuerdo del oficial de la Esmeralda, don Ignacio Serrano Montaner. Actualmente ya no es isla, puesto que se encuentra artificialmente unida a tierra por un terraplén.

Posteriormente empezaron a recalar embarcaciones provenientes de Chile, con productos tales como cebada, charqui, harina, frutas y otros para la región del interior.

Iquique dejó de ser una caleta de pescadores, para transformarse en un pequeño puerto. Ya en 1828 el gobierno peruano había autorizado las exportaciones de salitre a través del puerto de Iquique, pero los buques debían recalar en Arica para ser despachados desde allí a sus puertos de destino.

#### **2.5.4.3- Puerto de Antofagasta**

Antofagasta, entonces llamada Caleta de Chamba, comenzó a poblarse a partir de 1866 a raíz del descubrimiento del Salar del Carmen. En 1869 el gobierno boliviano creó una intendencia de policía, con el objeto de proceder a la fundación oficial del pueblo. El 8 de Mayo de 1871 fue declarada Puerto Menor, siendo denominada ANTOFAGASTA.

El 14 de Febrero de 1879 las fuerzas de desembarco chilenas, ocuparon la ciudad, dando origen a las batallas de la "Guerra del Pacífico". Chile obtiene la soberanía en esos territorios.



#### **2.5.4.4.- Puerto de Coquimbo**

Los primeros buques que arribaron al puerto de Coquimbo según se conoce, fueron el "Santiaguillo" y luego el "San Pedro", en 1543 y 1544 respectivamente. Tres años más tarde recaló nuevamente el "San Pedro" en uno de sus viajes entre Chile y Perú. Ya en 1547 la punta Tortuga era empleada como embarcadero natural de la entonces denominada Villanueva de La Serena.

Durante el siglo XVII, el puerto sirvió de fondeadero a los buques corsarios de Sharp que saqueó La Serena en Diciembre de 1680, y de Davis, que trató de repetir la acción de su compatriota inglés en 1686, pero fue derrotado por los defensores y terminó refugiándose en el convento de Santo Domingo, del que sólo pudo huir 36 horas después.

A principios del siglo XIX, la pesca era la única actividad relacionada con el mar de los casi mil habitantes de Coquimbo. Hacia 1840, recaló por primera vez un buque a vapor, lo cual dio inicio al movimiento marítimo del puerto. En 1848 se creó la Gobernación Marítima de Coquimbo y en 1853 habían fondeado entre otros tipos de naves, 65 vapores.

#### **2.5.4.5.- Puerto de Valparaíso**

Valparaíso, cuya ciudad nunca fue fundada nació como puerto con el arribo de una de las naves que apoyaba la expedición de don Diego de Almagro, en un invierno alrededor del año 1536. No se conoce con certeza la fecha de este acontecimiento, pero sí se sabe que los indios changos llamaban Quintil a estos parajes.

Respecto a la identidad del primer buque que recaló en la bahía, existen dos versiones. La primera y más difundida, pertenece a don Benjamín Vicuña Mackenna, según la cual se señala que fue el "Santiaguillo" quien primero fondeó en Valparaíso. La segunda se basa en lo establecido por don José Toribio Medina, en el sentido que el navío "San Pedro" fue el primero en recalar a Quintil y no el "Santiaguillo".

Saavedra, a cargo de las naves que realizaban la exploración de los territorios costeros al sur del río Aconcagua, por encargo de Almagro, al parecer,

habría quedado impresionado con el paisaje de la bahía enmarcada por los cerros del contorno y se dice que por haber nacido él en un lugar de Sevilla llamado "Valle del Paraíso", le denominó a este puerto y zona circundante "Valparaíso".

En 1554 don Pedro de Valdivia efectuó un viaje al puerto desde Santiago y nombró Teniente de Mar al ciudadano italiano don Agustín de Pastene y en el decreto respectivo define así el nombre del lugar: "En el puerto de Valparaíso, que es de este valle de Quintil, término y jurisdicción de la ciudad de Santiago, a tres días del mes de Septiembre de 1554; ahora y de nuevo nombro y señalo que este puerto de Valparaíso para el trato de esta tierra y de la ciudad de Santiago".

Cinco años más tarde, en 1559 se construyó la primera capilla del puerto, en el mismo lugar que ahora ocupa la iglesia de La Matriz. A su alrededor se empiezan a agrupar las viviendas de los pobladores que se van avecindando en Valparaíso.

A pesar de lo modesto del caserío porteño de esa época, recibió con frecuencia el ataque de los corsarios europeos, en su mayoría ingleses: el 5 de Diciembre de 1578 fue saqueado por Drake; en 1587 Cavendish fondeó en Quintero; en Abril de 1594 el corsario Richard Hawkins incendió tres buques dentro de la bahía; el 28 de Marzo de 1600 el corsario holandés Oliverio Van Noort quemó también tres buques fondeados en Valparaíso.

Ante la amenaza corsaria descrita, se inició la construcción de los fuertes en Valparaíso con el objeto de proteger el puerto que ni siquiera contaba con un modesto muelle para embarcaciones menores. Es así como en 1600 se instaló el fuerte de San Antonio al pie del actual cerro Artillería. Después se levantó el fuerte Concepción en el cerro del mismo nombre, alrededor de 1670. De 1682 a 1692 se construyó el fuerte de San José en la "Planchada", actual calle Serrano y cerro Cordillera.

A comienzos del siglo XVIII, "Valparaíso tenía alrededor de 100 casas y casuchas, tres fuertes o castillos y tres iglesias, pero en 1730 se produjo un violento terremoto y maremoto, siendo este último el que destruyó todas las instalaciones del sector del Almendral. Veintisiete años después, en 1757, un fenómeno sísmico de similares características, destruyó los principales edificios

del puerto como las iglesias de La Merced, Agustinos, Santo Domingo, San Francisco y la Catedral. En ese tiempo Valparaíso tenía alrededor de 300 construcciones nuevas, entre casas y bodegas.

Entre 1791 y 1795 el gobernador de Chile don Ambrosio O'Higgins ejecutó varias obras públicas en Valparaíso, destacándose el camino carretero a Santiago, el camino a Viña del Mar; la creación de la Aduana del puerto y el término de los trabajos de construcción de la fortaleza del Barón de Vallenar o Castillo del Barón, nombre que hasta hoy conserva el cerro del lugar. Los trabajos de este fuerte habían comenzado en 1789.

A fines del siglo XVIII, Valparaíso contaba con una población estable de 3.000 habitantes, cuatro fuertes o castillos, seis iglesias y conventos y diez bodegas. Por su parte, Santiago tenía alrededor de 30.000 habitantes.

En 1822 recaló el primer buque a vapor, el "Rising Star" y ese mismo año se produjo otro terremoto que prácticamente destruyó gran parte de la ciudad, dejando 78 muertos y 2.110 heridos.

Hasta aquí dejaremos esta enumeración cronológica de hechos ocurridos en Valparaíso desde sus comienzos, para continuar ahora con el esbozo de la evolución de sus obras portuarias.

En 1810, el poblado estaba conformado por dos aldeas separadas por una puntilla rocosa llamada el Cabo, eran el Almendral y el Puerto. En las cercanías del Cabo, un acaudalado comerciante había construido un muelle llamado "Villaurrutia", frente a la cueva del Chivato donde hoy se encuentra el edificio del diario "El Mercurio". Asimismo, el mar llegaba hostil hasta las actuales calles Bustamante, Serrano, Prat y Esmeralda, es decir, hasta los pies de los cerros.

El muelle de Villaurrutia, único existente en Valparaíso en esa época, presentaba un doble valor histórico: fue el primer muelle con que se contó en Chile y además, era el único muelle construido durante la Colonia.

Después del terremoto de 1822 ya señalado, se produjo un fuerte auge de la edificación a la vez que se iniciaron los trabajos de relleno de explanadas para empezar a ganarle terreno al mar, ya que en un comienzo sólo existía una calle longitudinal que trazada al pie de los cerros, unía las aldeas del Puerto y el

Almendral. Por ello, donde antes fondeaban naves, se levantaron casas y se trazaron calles.

Al mismo tiempo, se producía el desarrollo mercantil de Valparaíso y entre 1818 y 1822, la Aduana había despachado 319 buques.

Durante esos años, Valparaíso crecía como puerto en cuanto a movimiento de mercaderías y obras complementarias, pero no en obras fundamentales como molos, espigones, sitios de atraque ni muelles para buques. En efecto, se construían solamente explanadas ganando terreno al mar; bodegas; edificios de aduana y almacenes de aduana.

La plaza Sotomayor continuaba creciendo y los nuevos rellenos sepultaron el casco náufrago de la "Esmeralda"; al fondo de la plaza se construyó el primer edificio de Aduana entre 1831 y 1833.

Paralelamente, en 1832 se habían levantado los primeros almacenes francos especialmente diseñados para tal efecto, aunque esta idea de O'Higgins fue materializada por el ministro Rengifo ya en 1824 en que se construyeron los primeros almacenes de depósito o francos en Valparaíso. Dichos almacenes hicieron del puerto el emporio comercial del Pacífico sur durante dos décadas y media ya que en ellos se guardaban las mercaderías en tránsito, tanto europeas como asiáticas. La magnitud de esta actividad era tal, que llegó a haber 3 líneas de almacenes francos en Valparaíso, lo que se logró luego de ejecutar nuevas explanadas en terrenos que antes ocupaba el mar, dando un impulso notable al progreso de Valparaíso.

A modo de ejemplo, se puede mencionar que en 1834 recalaron 314 buques a Valparaíso, mientras que en 1852 lo hicieron 1.200 naves. Por otra parte, la población que en 1831 era de 24.000 habitantes en 1856 había ascendido a 52.000 personas, lo cual habla por sí solo del auge del puerto que tenía sólo 4 pequeños muelles a mediados del siglo XIX.

Años más tarde, el 31 de Marzo de 1866 una escuadra española bombardeó el indefenso puerto de Valparaíso, consumando una acción innecesaria que destruyó gran parte de los almacenes fiscales de la Aduana y otros edificios, originando un considerable retraso en el desarrollo de Valparaíso y de toda la República en general.

#### **2.5.4.6.- Puerto de San Antonio**

En 1590 las tierras que pertenecían al cacique Huenchún fueron entregadas como encomienda al capitán portugués don Antonio Núñez de Fonseca.

Don Antonio hizo construir en la costa de la rada varias bodegas, en las que almacenaba productos de sus estancias a la espera de buque para embarcarlos y exportarlos al Perú. A este paraje, el capitán Núñez le llamó SAN ANTONIO DE LAS BODEGAS.

Dos siglos más tarde, en 1790, el gobernador de Chile don Ambrosio O'Higgins elevó a San Antonio a la categoría de puerto exportador e internador.

Durante la guerra de la independencia, el virrey del Perú eligió en 1818 a este puerto y Talcahuano, como los lugares estratégicos más apropiados para realizar desembarcos sorpresivos de tropas, con el objeto de reconquistar la zona central de Chile dominada por las fuerzas patriotas.

La ciudad de San Antonio fue fundada oficialmente el 14 de Febrero de 1850, durante el gobierno del general don Manuel Bulnes.

En 1865 mientras Chile se encontraba en guerra contra España, los principales puertos nacionales fueron bloqueados por los buques ibéricos. El gobierno decidió entonces, designar a San Antonio Puerto Mayor con lo cual se incrementó notablemente la actividad comercial del puerto, llegando a registrar hasta 30 buques fondeados diariamente en su rada.

#### **2.5.4.7.- Puerto de Talcahuano y San Vicente**

El 5 de Noviembre de 1764 se dictó el decreto del gobernador Antonio Guíll y Gonzaga en que se dio a Talcahuano el título de Puerto de Registro.

En 1813, durante la guerra de la independencia, Antonio Pareja desembarcó obligando a capitular a los patriotas penquistas. Posteriormente, Carrera recuperó el puerto, pero al año siguiente, los realistas volvieron a tomar la ciudad, la que mantuvieron hasta 1818 en que la Primera Escuadra Nacional

captura la fragata María Isabel, por lo que los realista se retiraron al ver consolidada la independencia de Chile.

El puerto también presencié la captura de la fragata María Isabel el 28 de Octubre de 1818, por las unidades de la Primera Escuadra Nacional.

En 1840, tras los descubrimientos de los yacimientos de carbón, Talcahuano se convirtió en el principal productor del país. Seis años más tarde fue superado por las nuevas minas de Coronel, Lota y Lirquén y en 1872 se inauguró el ferrocarril que unió el puerto con Concepción, Chillán y Talca. En 1893 se pavimentaron con huevillo las principales calles de la ciudad.

#### **2.5.4.8.- Puerto de Puerto Montt**

En 1853, don Vicente Pérez Rosales encargado para la colonización de Valdivia y Llanquihue fundó Puerto Montt con el fin de enviar mercancías desde Osorno y Valdivia hacia la Isla de Chiloé. La actividad portuaria se inició de inmediato acrecentándose con los embarques de madera, lana, vacunos y barriles de miel hacia Valparaíso y Europa. También se recibía productos argentinos desde Bariloche para embarcarlos al extranjero. En 1888 se construye el primer muelle. Posteriormente, en 1929 se inició la construcción del puerto en el mismo lugar que ocupa hoy, en el canal Tenglo protegido de los vientos del sur por la isla del mismo nombre. Las obras se terminaron en 1931

#### **2.5.4.9.- Puerto de Puerto Chacabuco**

La XI Región a la cual pertenece Puerto Chacabuco fue la última en ser colonizada, debido a su clima, falta de medios de comunicaciones y de caminos que le unieran al resto del país. Aún cuando esos territorios fueron explorados en el siglo pasado, los primeros colonos se asentaron a principios del siglo XX.

El esfuerzo privado fue el que realizó su poblamiento e integración definitiva al resto del territorio nacional, es así como en 1903 el gobierno inicia las concesiones con la Compañía Industrial de Aisén, para explotar los valles existentes otorgando más concesiones a varias empresas ganaderas. En 1904

se funda la ciudad de Aisén, en 1917 Balmaceda y en 1929 Coyhaique. En 1940 se crea Puerto Chacabuco, el mayor puerto de la zona.

#### **2.5.4.10.- Puerto de Punta Arenas**

La ubicación geográfica de Punta Arenas en la ribera norte del Estrecho de Magallanes, otorga al puerto el privilegio de pertenecer a una zona que fuera descubierta 15 años antes de que llegara a Chile por el norte don Diego de Almagro.

El 21 de Octubre de 1520, 15 años antes de la llegada de Almagro, en el día de Santa Ursula y sus 11 mil Vírgenes, el navío "Trinidad", buque insignia de la expedición del portugués Hernando de Magallanes descubrió un cabo que llamó Cabo de las 11 mil Vírgenes, actualmente denominado cabo Vírgenes. Fondeó en bahía Posesión. El 1 de Noviembre zarpó hacia el oeste, bautizando el estrecho "Estrecho de Todos los Santos" por coincidir la fecha con esa festividad religiosa.

Ese mismo día, Hernando de Magallanes arribó al estrecho y fondeó en bahía Posesión, en donde permaneció hasta el 1 de Noviembre en que zarpó para navegar estas aguas hacia el oeste, bautizándolo "Estrecho de Todos los Santos" por coincidir la fecha con esa festividad religiosa.

Después de navegar el Estrecho hacia el oeste, Magallanes se internó el 27 ó 28 de Noviembre al océano que se abría por todo el horizonte y que llamó "Pacífico" por la gran calma que ese día cubría sus aguas. Era el mismo Mar del Sur que Vasco Núñez de Balboa había bautizado en Septiembre de 1513, al cruzar el istmo de Panamá.

Posterior a su descubrimiento, en 1584 don Pedro Sarmiento de Gamboa estableció dos pequeños poblados en el Estrecho con el propósito de afianzar la soberanía española en el lugar, los que se denominaron Rey don Felipe y Nombre de Jesús. Tantas penurias sufrieron estos primeros colonos que murieron de inanición. Al encontrarse sus restos tiempo después, la noticia se extendió por Europa y se bautizó a esa bahía Puerto del Hambre, con lo cual se desistió de la idea de poblar la región.

Dado que en esos siglos no existía el canal de Panamá, la ruta del Estrecho y del Cabo de Hornos era el paso obligado de los navegantes que unían Europa con la costa oeste de América, situación que se mantuvo hasta el comienzo de este siglo.

Sólo en 1843 el gobierno de Chile ejercido por el general don Manuel Bulnes, resolvió incorporar estos territorios al patrimonio de la república y es así como el 21 de Noviembre de ese año, el capitán de fragata don Juan Williams al mando de la goleta "Ancud" fundó Fuerte Bulnes, tomando posesión del Estrecho de Magallanes. Como el emplazamiento del fuerte no fue el más adecuado, la incipiente población se desplazó a un sitio que las cartas inglesas de navegación señalaban como "Sandy Point" y es así como en Febrero de 1849 se fundó la ciudad de Punta Arenas.



## **2.6.- PROCESO DE CONCESIÓN EN CHILE**

### **2.6.1.- Estrategia modernizadora**

La infraestructura chilena estaba muy retrasada. En la década de los ochenta hubo muy poco avance en este ámbito y los cuatro años del gobierno del Presidente Aylwin obviamente no fueron suficientes para subsanar el déficit. El gobierno del Presidente Frei encaró decididamente este desafío y hoy podemos decirle al país: no hay falta de capacidad de infraestructura que este inhibiendo el desarrollo de nuestras actividades económicas.

Enfrentamos el tema aeroportuario, el tema carretero y el tema portuario; y también otros menos visibles y conocidos, como tranques, embalses, obras de riego. No cabe duda que ha sido un signo distintivo de este gobierno y, en ese contexto, los puertos ocupan un lugar central, ya que por ellos transita el 95% de nuestro comercio exterior.

### **2.6.2.- Reforma legislativa**

El gobierno advirtió tempranamente la necesidad de legislar. Los puertos necesitaban inversiones para mejorar la eficiencia y su capacidad de transferencia. Se deseaba que las hiciera el sector privado, en el marco de una misma decisión de política para muchas otras iniciativas de inversión en infraestructura.

No se disponía de una ley de concesiones para aplicar a los puertos, por lo tanto se decidió incorporar este mecanismo dentro de la propia ley de modernización portuaria.

### **2.6.3.- Propiedad estatal**

Una definición principal de la ley fue que no se traspasaría la propiedad de los puertos a manos privadas. Nadie planteó lo contrario. Por amplia mayoría se aprobó una ley que, sin enajenar los puertos, permite llevarlos desde un sistema de multioperación atomizada a un sistema de concesiones a privados, que aumentará de manera relevante su eficiencia y rendimientos.

#### **2.6.4.- Esquema de operación**

Al momento de preparar la reforma no teníamos una convicción perfectamente afinada, pero sabíamos que debíamos revisar el sistema de multioperación. Nos parecía que éste había rendido frutos durante quince años, pero que ya era tiempo de modificarlo. A nivel mundial se observaba un sistema de concesión eminentemente mono operador funcionando con singular éxito.

Cuando un puerto tiene una carga mediana, no es absolutamente necesaria la mono operación allí todavía la multioperación presta una adecuada utilidad. Pero empieza ser francamente ineficiente cuando aumenta la carga, como había ocurrido en Chile en los últimos diez años.

Iniciamos el trámite legislativo convencidos de que necesitábamos inversiones privadas dentro de los puertos y de que esas inversiones tendrían una mayor eficacia bajo la figura de la concesión portuaria en esquema mono operador.

#### **2.6.5.- Magnitud de la inversión**

Inicialmente se habló de inversiones enormes, porque faltaba reparar los daños del terremoto de 1985 y porque se creía necesario construir nuevos terminales para asumir el aumento del volumen de transferencia. Pero con rapidez nos fuimos dando cuenta de que con las inversiones estatales existentes, que habían permitido la recuperación de los principales frentes de ataque del centro del país, lo que se necesitaba en una primera etapa, era optimizar la gestión.

Alcanzamos entonces la convicción de que se requerían inversiones en equipamiento y- tecnología que no era de la cuantía que se había pensado originalmente, pero que significaban, de todas formas, inversiones importantes que podían ser hechas por particulares. Esta visión permea todos los programas de desarrollo de infraestructura del país.

### **2.6.6.- Proceso de Licitaciones**

Muchos actores han declarado que este es uno de los procesos más impecables que se ha realizado en concesionamiento de Infraestructura. “Es difícil pensar en un proceso que, con todos los riesgos que tenía, con todas las oposiciones que tuvo, haya culminado de manera tan exitosa, desde el punto de vista de la transparencia y del cumplimiento de todos los objetivos. En relación a esto último, es especialmente destacable la participación tan preponderante de capitales chilenos” (Frei, E. (1998) Expresidente de la República de Chile).

El proceso no estaba diseñado para maximizar ingresos al Estado sino para minimizar las tarifas portuarias. Los ingresos extraordinario que se alcanzaron han sido un muy feliz corolario para todo este proceso y demuestran el gran valor y potencial de los principales puertos públicos chilenos.

## **2.7.- PROCESOS DE MODERNIZACIÓN**

*Varios países sudamericanos han realizado profundos procesos de modernización en los noventa. En ellos, son factores comunes la transformación institucional, la incorporación de privados a la operación y mecanismos para cautelar la competencia.*

La modernización portuaria es un fenómeno global propio de la nueva realidad económica y tecnológica de la última década. En este contexto, Latinoamérica ha sido una de las regiones más dinámicas en materia de reformas, debido a su relativo atraso respecto de la realidad portuaria mundial, así como a transformaciones político-económicas que han posibilitado una decidida apertura de sus estados a la inversión privada en los servicios públicos, incluidos los puertos. En muchos de estos países, donde el rápido crecimiento de la economía y del tráfico comercial demandaba nuevas instalaciones y servicios portuarios más eficientes, se ha instaurado un exitoso modelo de gestión y financiamiento público-privado.

### **2.7.1.- Puertos privados especializados en graneles**

También ha influido en el desarrollo del sector portuario, la existencia de más de veinte puertos privados, principalmente orientados a la transferencia de graneles. A excepción de Puerto Lirquén, estos puertos prácticamente no atienden carga contenedorizada.

En 1998, los terminales privados movilizaron poco más del 38% del total de carga transferida en el país y, dentro ella, concentraron alrededor del 35% carga a granel. Por los puertos estatales se movilizó el 62% restante de la carga nacional, con una participación cercana al 85% en carga general.

Dentro de la carga general, los puertos estatales transfieren casi la totalidad de la carga refrigerada, con un 97% de participación, y de la carga en contenedores, con un 92%, en términos de TEUS. Esta segmentación constituye una característica muy particular del sistema portuario chileno.

La competencia globalizada y las nuevas tendencias tecnológicas del transporte marítimo a nivel mundial, presionan por una mayor eficiencia portuaria en los países en desarrollo.

La operación del transporte marítimo depende en forma decisiva de los servicios portuarios de transferencia de carga. La eficiencia de cualquier flota de naves, y su capacidad para producir fletes a bajo costo, esta sujeta a la disponibilidad y eficiencia de los servicios portuarios de manera de transferir carga, desde y hacia las naves, a la mayor velocidad posible, sin congestión. Ello permite cortos periodos de estadía en puerto, lo que incrementa su rotación y su uso efectivo como medio de transporte.

La posibilidad de usar naves modernas, de mayor tamaño, está limitada en la práctica por la disponibilidad y capacidad de transferencia de los terminales. Si los servicios portuarios son lentos e ineficientes, los armadores asignan a ellos naves pequeñas, cuyo costo de capital sea bajo. Esto suele ocurrir en la mayoría de los países en desarrollo.

Por el contrario, los puertos líderes a nivel mundial privilegian una operación eficiente, utilizando frentes de atraque intensivamente equipados con grúas de alto rendimiento y asegurando tiempos de servicio y espera breves para las naves.

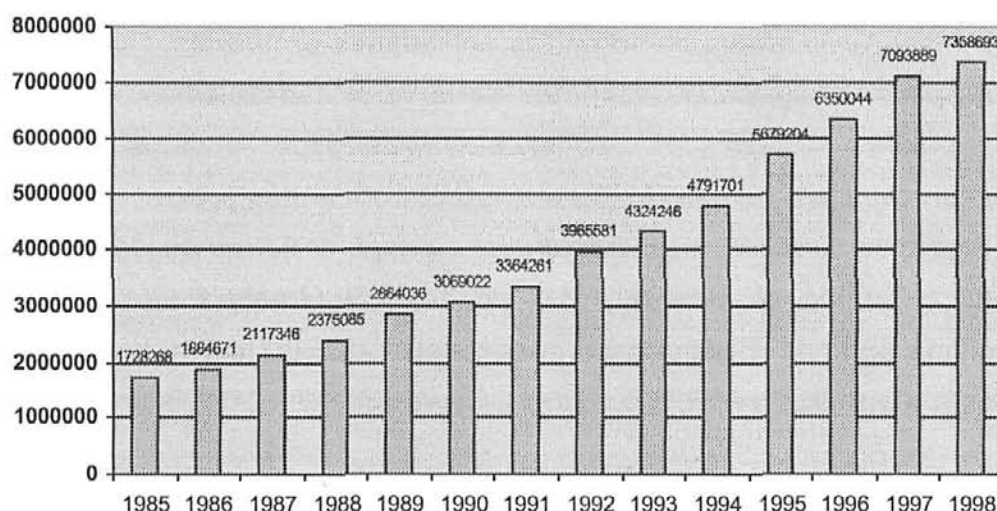
Esta estrategia ha creado un círculo virtuoso, incentivando la llegada de naves modernas de gran capacidad, que aprovechan importantes economías de escala en la operación del transporte marítimo portuario.

Las mayores eficiencias generadas por la reforma de 1981 habían permitido absorber el crecimiento de la demanda sin grandes inversiones. Ya a inicios de los noventa, sin embargo, este modelo se había agotado.

Además, la creciente demanda por servicios portuarios hacía inminente inyectar en el corto plazo capital en el sector portuario nacional.

**GRAFICA 2-2****CRECIMIENTO DEL COMERCIO EXTERIOR CHILENO 1985-1998**

*Volumen expresado en pesos constantes de 1986  
(En millones de pesos de 1986)*



1997 y 1998: Estimación

Fuente: Modernización portuaria de Chile. Ministerio de Hacienda

**2.7.2.- Unitización de la carga en contenedores**

El aumento de los rendimientos de transferencia en los puertos modernos se relaciona con la unitización de la carga, gracias al advenimiento de los contenedores. Esta media de alta eficiencia está siendo usada de manera cada vez más intensiva en el transporte de carga general.

En Sudamérica, el crecimiento de los contenedores transferidos fue de un 15% promedio anual, entre 1989 y 1991. En Chile fue de un 22% anual en los puertos estatales, que movilizan más del 90% de la carga contenerizada del país. Para el periodo 1989 - 1986, el incremento fue de un 20%. Dichas cifras superan la tasa de crecimiento del total de la carga transferida, indicando un claro proceso de traspaso de carga fraccionada a contenedores. Esta tendencia debiera mantenerse en economías que gozan de un crecimiento económico significativo, dado que el porcentaje de bienes elaborados y de más valor, aumenta con el proceso de desarrollo.

### **2.7.3.- Tecnologías de alta velocidad de transferencia**

El crecimiento en la unitización de contenedores también está revolucionando las prácticas y tecnologías utilizadas tanto en el transporte marítimo como en las actividades portuarias. Por una parte, ha permitido grandes aumentos de la velocidad de transferencia en el puerto, a través del uso de equipos especializados y técnicas especiales de acopio. Los puertos más eficientes, como Hong Kong y Singapur, son capaces de transferir carga a ritmos de 140 mil TEUS por grúa año, 2 mil cien TEUS por metro lineal de frente al año y un millón 285 mil TEUS anuales en un frente de 600 metros, equipado con nueve grúas.

Hong Kong y Singapur transfirieron, cada uno, más de 12 millones de TEUS en 1995. Se estima que Hong Kong transferirá 24 millones en el 2011 y 40 millones en el 2016.

En los Países en desarrollo, los puertos poseen en general bajas capacidades de transferencia. Así, con sus rendimientos actuales, los puertos Valparaíso y San Antonio, en conjunto, tienen una capacidad de un millón 350 TEUS por año, lo que equivale a cerca de 600 TEUS por metro lineal de frente anuales, con sus 2 mil 250 metros de frentes.

Las naves que llegan a la costa Oeste de Sudamérica tienen bajas capacidades -entre mil y dos mil 200 TEUS aproximadamente- recalando en diferentes puertos y transfiriendo en cada uno parte de su carga. Estas operaciones son más ineficientes e involucran costos de transporte significativamente superiores a los que facilita la estructura de servicios de los puertos más modernos.

### **2.7.4.- Naves de mayor capacidad**

Como consecuencia de los incrementos en la capacidad de transferencia de los terminales, también se ha producido un crecimiento constante en el tamaño de las naves, lo que permite reducir los costos de la operación de transporte y en consecuencia, los fletes.

En 1980, las naves de última generación eran capaces de transportar 3 mil TEUS. Posteriormente se pasó a naves de 4 mil TEUS y recientemente se ha introducido la clase de naves post-Panamax, con capacidades superiores a los 5 mil TEUS.

En la actualidad se están diseñando naves capaces de transportar hasta 8 mil TEUS, una de las cuales ya está operando en la ruta Europa-Asia desde 1997. Los puertos de bajos rendimientos reciben naves de baja capacidad, lo que redundaría en costos elevados de transporte para las mercaderías de exportación e importación. Por ejemplo, en Valparaíso y San Antonio, el tiempo de embarque para 5 mil TEUS es de aproximadamente 160 horas, lo que es 3,5 veces mayor al tiempo de embarque en puertos como Hong Kong o Singapur.

#### **2.7.5.- Eficiencia: Desafío para los países en desarrollo**

De esta forma, desarrollar terminales de contenedores de alta eficiencia, que atraigan la operación de naves modernas de gran tamaño y puedan convertirse en centros de concentración y distribución de cargas, se ha transformado en una urgente necesidad competitiva para los países en desarrollo.

La modernización portuaria tuvo máxima prioridad para el gobierno. Este fue el primer tema que nos planteó el Presidente Frei, al ministro designado, Narciso Irureta, y a mí, como futuro subsecretario, antes de asumir el gobierno. El primer equipo de trabajo que constituimos fue el grupo de análisis para elaborar una ley de modernización del sector portuario estatal, que tomó parte de los años 1991 y 1995.

Siempre tuvimos conciencia de que era una reforma particularmente compleja. Emporchi era una empresa desde Arica hasta Punta Arenas, un verdadero holding estatal, con muchos trabajadores escasas reformas durante los últimos años, sometido a una competencia internacional muy fuerte y con volúmenes de transferencia de carga que se habían triplicado en los últimos quince años... es decir, todos los condimentos de una reforma trascendente.



### **2.7.6.-Modelos mundiales**

Los esquemas de privatización y desregulación aplicados en la región tienen importantes coincidencias con los patrones del resto del mundo. En Europa, donde se ha incrementado la introducción de empresas privadas en la provisión de servicios portuarios, la propiedad de la infraestructura ha quedado normalmente en manos del Estado, excepto en algunos puertos del Reino Unido.

En algunos países asiáticos como Japón y también en Hong Kong, la participación privada en el financiamiento de construcción de infraestructura a través de concesiones de operación privada, tiene larga data. En otras naciones, como Corea, Filipinas, Malasia y China, algunas compañías navieras están participando activamente en el desarrollo portuario.

## **2.8.- AMERICA LATINA: PROPIEDA ESTATAL Y CONCESIONES PRIVADAS**

Tal como ha ocurrido en los principales puertos del mundo, los procesos liberalización y privatización en América Latina se han caracterizado por el uso del mecanismo de la concesión a capitales privados, manteniendo la propiedad estatal de los activos. Otro factor común han sido sus efectos laborales, con distintas magnitudes en cada caso, dependiendo del ordenamiento previo existente en el sector, y con diferentes estrategias de solución.

De esta forma, a través del concesionamiento, las autoridades portuarias estatales han reducido sus funciones, transformándose en responsables de coordinar las actividades al interior de los puertos, velar por la competencia y obtener ingresos a partir del arrendamiento de la infraestructura portuaria.

Tanto por su importancia específica como por su cercanía a Chile, destacan los casos de Argentina y Brasil, en la costa Este de Sudamérica, y más recientemente el de Perú, en la costa Oeste. A ellos se agregan otros numerosos procesos de reforma en los sectores portuarios de países tales como México, Panamá, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Colombia, Venezuela, Ecuador y Uruguay.

### **2.8.1.- Reforma en Argentina**

A partir de 1992, el sistema portuario argentino fue descentralizado a través de la eliminación de la agencia estatal responsable del sector, y de la transferencia de los puertos a los gobiernos regionales. El gran puerto de Buenos Aires fue dividido en tres distintas zonas: Dock Sud, transferido a la provincia de Buenos Aires; Puerto Sur, en desarrollo, y Puerto Nuevo, que permanece en manos del Estado central.

Se desregularon todos los servicios portuarios y se eliminó el ordenamiento laboral restrictivo que caracterizaba el sector. La reforma introdujo una importante participación privada en la construcción y operación de la infraestructura portuaria, con especial énfasis en el desarrollo de



terminales de contenedores. En 1993, el estatal Puerto Nuevo fue dividido en seis terminales, los cuales fueron entregados en concesión por periodos de entre 18 y 25 años.

### **2.8.2.- Modernización en Brasil**

Antes de la reforma emprendida en Brasil, su sector portuario exhibía problemas de ineficiencia, un grave déficit de inversión y altas tarifas portuarias. El proceso de modernización comenzó en 1990, con el cierre de la entidad estatal Portobras y la descentralización del sistema. En 1993, a través de una ley se estableció un marco general para el nuevo sistema portuario, garantizando la autonomía a los puertos y permitiendo, por primera vez en el país, la participación privada en los servicios de manejo de carga.

A partir de 1997, los terminales de los principales puertos, como Santos, Río de Janeiro y Río Grande, fueron concesionados. Estas reformas se desarrollaron en el marco de una fuerte oposición de parte del sector laboral, lo que dificultó y demoró el proceso, y cuya solución fue una tarea traspasada a los concesionarios.

### **2.8.3.- Concesiones en Perú**

La modernización portuaria peruana ha estado enmarcada en un proceso global de privatizaciones, iniciado en 1991 con la Ley de Promoción de la Inversión Privada en Compañías Públicas. A esta normativa general se sumó, en 1996, la Ley de Promoción de la Inversión Privada en Obras Públicas de Infraestructura y de Servicios Públicos, que declaró el interés nacional en la incorporación de privados a través del mecanismo de la concesión.

La reforma del sector portuario estatal de Perú contempla el concesionamiento de los principales puertos administrados por Empresa Nacional de Puertos S.A., Enapu, los cuales seguirán siendo propiedad del Estado. En agosto de 1999 se asignó la primera concesión, correspondiente al Puerto Matarani; en el 2000 culminarán las licitaciones de los puertos de

Ilo, San Martín, Chimbote, Salaverry y Paíta, y a futuro se tiene proyectada la licitación de los terminales del Puerto de Callao, el principal puerto del país.

#### **2.8.4.- Panorama nacional**

a).- crece la carga

*El sector portuario estatal ha debido absorber el importante aumento en el volumen de carga general ocasionado por la expansión de nuestro comercio exterior. Por su participación dominante en este tipo de carga, especialmente en contenedores, los puertos estatales resultan estratégicos para nuestra actividad exportadora.*

La actividad portuaria nacional presenta en la actualidad un elevado ritmo de crecimiento, como consecuencia del fuerte desarrollo económico experimentado por el país en la última década. Así, la apertura al comercio exterior ha significado un importante aumento de la carga transferida, ya que alrededor del 95 por ciento del volumen de carga de exportación e importación se comercializa por vía marítima. Ello determina que el sector portuario crezca a tasas incluso superiores a las del crecimiento de la economía.

Es así como en los últimos quince años, la carga total movilizada en los puertos de uso público se triplicó, mientras que durante los quince años previos se mantuvo casi constante.

b).- Concentración de la carga general en los puertos estatales

Los puertos estatales concentran casi la totalidad de la transferencia de carga general -fraccionada y contenedorizada- en el país. Por las características de sus emplazamientos y sus inversiones en obras de abrigo y frentes de atraque, presentan claras ventajas para operaciones relacionadas con la transferencia de carga general, particularmente de contenedores.

Por otra parte, se evidencia en Chile clara tendencia a la unitización de la carga. La carga transportada en contenedor ha crecido, durante esta década, a tasas cercanas al 17% anual, significativamente superiores a las del incremento total carga general transferida, equivalente a un 7% anual. Se proyecta que en pocos años, la transferencia de contenedores será la actividad dominante en los puertos de carga general, y se espera que represente más del 80% en Valparaíso y San Antonio

#### c) Concesiones Privadas

Los puertos necesitaban un nuevo modelo de gestión e inversión. El Estado tiene otras prioridades como salud o educación. El gobierno no dudaba que la inversión privada era la única solución. Avalaba el proceso de concesión la enorme eficiencia demostrada por el sector privado desde el año 1981 y el interés de invertir en puertos demostrado por las importantes cifras de inversión de puertos privadas.

No se puede olvidar que se había construido Coronel y varios puertos especializados que le fueron quitando presión a los puertos tradicionales.

#### d) Monooperador

Técnicamente, no es posible concebir un terminal moderno para contenedores o cualquier tipo de carga altamente unitizada, que requiere de equipamiento fijo en muelles y patios, operando en el esquema multioperador.

Si a ello se agrega que los dueños del capital son renuentes a invertir en una actividad riesgosa si no pueden gestionar libremente su inversión, se llega irremediabilmente a postular que el concesionario debe tener la facultad de optar por el modelo monooperador que, por lo demás, es el vigente mundialmente.

e) Mayor competencia

Los exportadores, importadores y las navieras se verán beneficiadas, ya que podrán optar entre terminales que competirán por la carga tratando de entregar servicios más eficientes. Así tendrán la seguridad de que en el corto, mediano y largo plazo, sus costos no subirán artificialmente por ineficiencias del sistema. Aun más, la competencia no sólo se dará entre los terminales concesionados, sino también, y en forma creciente, entre estos y los puertos privados, ya que en las nuevas condiciones debiera desaparecer el freno de éstos a invertir, provocado por el temor a la competencia desleal de los puertos estatales.

f) Empresas portuarias

Las empresas portuarias estatales tienen que ser capaces de generar un esquema de manejo de áreas comunes que permita operar armónicamente tanto al concesionario monooperador como a los multioperadores. Promover la inversión privada para desarrollar áreas de acopio y almacenaje fuera de las áreas portuarias, puede ser un tema importante. Además, deben ir pensando cuando patrocinarán nuevas licitaciones, ya sea por frentes existentes o nuevos.

Deberán también velar por que las obras viales que patrocine el Estado permitan al puerto ampliar sus hinterland. Y, finalmente, uno de los problemas más grandes será mantener en los puertos condiciones ambientales que serán establecidas y exigidas unilateralmente por los países desarrollados.

## 2.9.- PRINCIPIOS DE GEOGRAFÍA HUMANA DE CHILE

La población estimada al 30 de junio de 1999 es de 15.017.760 habitantes, con una densidad de 19,9 hab/Km<sup>2</sup> de los cuales 7.434.317 son hombres y 7.583.443 son mujeres. Este aumento sostenido puede ser atribuido, principalmente, al mantenimiento, hasta el año 1962, de tasas de natalidad moderadamente altas (37,5 por mil habitantes, promedio del período 1955-1962) y disminución de la mortalidad, que se ha traducido en una esperanza de vida del chileno al nacer de 75,21 años para el período 1995-2000.

Chile tiene una población relativamente homogénea. Los primeros colonizadores españoles se mezclaron con los indígenas, entre los que predominaban los mapuches; el mestizaje de ambos pueblos constituye más del 92% de la población. La inmigración europea no fue en Chile tan importante como en otros países de América, ya que apenas se promovió en el siglo XIX. Sin embargo, los inmigrantes alemanes han representado una importante influencia en la región de Valdivia-Puerto Montt. También han sido importantes los inmigrantes de Italia, Suiza, Reino Unido, Croacia, Francia y España.

Hasta 1930 predominaba la población rural. Así, tenemos que en 1875 ésta llegaba al 65,1% y en 1920 al 53,6%. A contar del censo de 1940, la situación se invierte, las cifras definitivas del censo de 1992 mostraron que la población rural representa sólo el 16,5% de la población total del país. La proyección al 30 de junio de 1998 indica sólo un 14,8% de población rural.

En la actualidad, menos del 2% de los habitantes son de origen europeo, y sólo el 6% es indígena, sobre todo mapuches, concentrados en la región meridional de la Araucanía.

De acuerdo a cifras proporcionadas por el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), en Chile un 21,7% de la población clasifica como pobre (3.160.100 personas), de los cuales 5,6% es indigente y 16,1% pobre no indigente.

Adicionalmente, de acuerdo a los datos de la UNICEF, en Chile el 5% de los nacidos entre 1990 y 1994 estaban bajo peso, mientras, entre 1990 y 1997, el 1% de los menores de 5 años sufrió desnutrición moderada a grave. Chile muestra una tendencia a disminuir su porcentaje de bajo peso, además de presentarlo como el país latinoamericano con menor porcentaje de niños de bajo peso.

Paralelamente, el índice de analfabetos ha disminuido en el país año tras año. En el año 1998, en particular se aprecia que el índice alcanza a un 4,6%, cifra muy inferior al 6,3% obtenido al inicio de los años 90. El español es el idioma oficial de Chile, hablado prácticamente por toda la población. El uso de lenguas aborígenes es limitado. En cuanto a la religión predominante, los católicos constituyen aproximadamente el 81% de la población chilena, aunque oficialmente la Iglesia se separó del Estado en 1925. La mayor parte del resto de la población profesa la religión protestante pentecostal o evangélica. Los indígenas, que practican sus religiones tradicionales, son una pequeña minoría.

**CUADRO 2-1**  
**NÚMERO DE HABITANTES POR CIUDADES**

REGIÓN	POBLACIÓN POR REGIÓN (habitantes)	CIUDAD CAPITAL E IMPORTANTES	POBLACIÓN POR CIUDAD (habitantes)
I Región "De Tarapacá"	340000	ARICA IQUIQUE	198000 115000
II Región "De Antofagasta"	410724	ANTOFAGASTA	258000
III Región "De Atacama"	230873	COPIAPO	125373
IV Región "De Coquimbo"	504387	LA SERENA	284758
V Región "De Valparaíso"	1384336	VALPARAISO VIÑA DEL MAR SAN ANTONIO	245000 185000 165000
Región "Metropolitana"	5336478	SANTIAGO	5125242
VI Región "Libertador Gral. Bdo. O'Higgins"	696369	RANCAGUA	494404
VII Región "Del Maule"	836141	TALCA CONSTITUCIÓN	398200 115000
VIII Región "Del Bío-Bío"	1734305	CONCEPCIÓN	860116
		TALCAHUANO	75000
IX Región "De la Araucanía"	781242	TEMUCO	120000
X Región "De los Lagos"	948809	VALDIVIA OSORNO PUERTO MONTT	385000 135000 185000
XI Región "De Aysén"	82384	COIHAIQUE PUERTO AISEN	55000 18000
XII Región "De Magallanes"	146074	PUNTA ARENAS	125000
<b>País</b>	<b>13432122</b>		

Fuente: INNE: Instituto Nacional de Estadística



**2.10.- CIUDADES PORTUARIAS DE CHILE**

La distribución espacial de los puertos estatales ubicados de norte a sur a lo largo del litoral chileno es prácticamente homogénea y corresponde a las siguientes: Arica, Iquique, Antofagasta y Coquimbo en la Zona Norte, Valparaíso y San Antonio, en la Zona Central, Talcahuano y San Vicente, Puerto Montt el Terminal de transbordadores de Puerto Chacabuco Punta Arenas y el Terminal de Transbordadores de Puerto Natales en la Zona Sur Austral del país.

En la actualidad de acuerdo al movimiento de carga los puertos de mayor actividad son:

**CUADRO 2-2**  
**CIUDADES PORTUARIAS IMPORTANTES DE CHILE**

Antofagasta
San Antonio
Valparaíso
Talcahuano
Lirquén
San Vicente

De entre estos puertos el principal movimiento se realiza en San Antonio. En cuanto al movimiento de contenedores, éste se concentra fundamentalmente en los puertos de Valparaíso y San Antonio y Talcahuano.

### **2.11.- EFECTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE SOBRE LA ECONOMÍA CHILENA**

Al situarse Chile a mayor distancia del ecuador comercial y de las rutas marítimas que otros países, su coste de transporte tiende a ser más costosa que aquellos países más cercanos de sus mercados destinos y al ser hoy la situación de comercio exterior más competitiva, es evidente que resulta ser necesario bajar los costes de transporte marítimo. Además, Chile está casi geográficamente aislado, pues sus conexiones terrestres con sus vecinos están pocas desarrolladas por poseer una frontera con Argentina cuyas condiciones geográficas son accidentadas debido a la Cordillera de los Andes, el Desierto de Atacama con Bolivia y Perú, el Océano Pacífico al oeste y la Antártica al sur. Esto conlleva a que sus costes de transporte terrestre hacia los países vecinos resulten ser elevados, lo que implica nuevamente que es vital para la sostenibilidad económica bajar sus costes de transporte terrestre, tanto ferroviario como rodoviario

Bajo la premisa de que la ubicación de los centros productivos, las rutas marítimas, las rutas terrestres, las instalaciones de interfase de transporte entre medios físicos e informático, leyes y políticas adoptadas en un país, influyen en la productividad, debemos planificar las infraestructuras de transporte, entre ellas las portuarias, bajo un enfoque de sistemas, de manera que los elementos que componen los sistemas productivos aprovechen en forma óptima las sinergias.

En Chile al igual que en el mundo, el transporte es un importante pilar de la globalización que ha facilitado el intercambio de mercancías, materias primas y componentes en casi todos los lugares del mundo. En este contexto, el transporte marítimo ha desarrollado un importante papel en el intercambio de mercancías voluminosas y de valor relativamente bajo. Para 1999, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) estimó que el tráfico marítimo de mercancías alcanzó la cifra de 5.355 millones de toneladas. De esta cifra, el 42% correspondió a la carga transportada en buques tanque y el 24% al transporte, como carga seca a granel, de los principales productos básicos que, por lo general, no se transportan en contenedores.

Chile participa en un 0,9% del valor de todas las exportaciones al mercado mundial y un 0,15%, en volumen transportado por vía marítima. En la actualidad los puertos chilenos poseen capacidad para atender hasta un 70% de la carga recepcionada en los puertos con excepción del cobre, en caso de que llegara contenedorizada

Para que Chile pueda continuar creciendo y desarrollándose económicamente, basado en una política de exportaciones, implica realizar un doble esfuerzo, esto es, mantener los mercados y conquistar nuevos mercados. Para la conquista de nuevos mercados es imprescindible ser más competitivo, es decir, bajar los costes de transporte y aumentar la productividad y para conquistar nuevos mercados, también debe ser más competitivo en coste y servicios. La planificación de su sistema portuario está estrechamente relacionada con ello y una planificación inteligente debe considerar los factores antes mencionados.

## 2.12.- CHILE EN EL CONTEXTO DE LA GLOBALIZACIÓN

Chile un país cuyas condiciones georeferenciales son de lejanía al ecuador comercial, pero con un gran litoral marítimo y con una economía de libre mercado de grandes capacidades humanas se inserta con buen pie en el proceso de globalización.

Chile participa en un 0,9% del valor de todas las exportaciones al mercado mundial y un 0,15%, en volumen transportado por vía marítima según cálculos en base a los datos del cuadro 2-3. En la actualidad los puertos chilenos poseen capacidad para atender hasta un 70% de la carga recepcionada en los puertos con excepción de los minerales de cobre, en caso de que llegara contenedorizada.

**CUADRO 2-3**  
**IMPORTACIONES DE CHILE POR MODO DE TRANSPORTE**  
**FUERA DE PAÍSES DE LA COMUNIDAD DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**  
**PARA AÑO 2000**

Modalidad de Transporte	Valor (FOB)		Volumen	
	(USD)	(%)	(Ton. métricas)	(%)
Aéreo	2.363.231.896	25,48	18.521	0,22
Marítimo	6.502.822.891	70,11	8.017.706	96,97
Otros	5.351.101	0,06	0	0,00
Correo	73.341	0,00	0	0,00
Ferrocarril	1.682.219	0,02	7.286	0,09
Rodoviario	402.265.565	4,34	224.857	2,72
<b>Total</b>	<b>9.275.427.013</b>	<b>100,00</b>	<b>8.268.370</b>	<b>100,00</b>

Fuente: CEPAL: Serie N°19 International Trade and Transport Profiles of Latin American Countries, year 2000. J. Hoffmann, G. Pérez y G. Wilmsmeier Natural Resources and Infrastructure Division Transport Unit Santiago, Chile, February 2002

Al inicio de la década pasada, Chile comenzó a explotar con mayor fuerza las infraestructuras portuarias debido al incremento del flujo comercial impulsado por las gestiones realizadas por los personeros de gobierno, tales como los acuerdos comerciales MERCOSUR, NAFTA, APEC, COMUNIDAD EUROPEA, COREA y la posible materialización de los corredores bioceánicos, la construcción o ampliación de puertos es inminente.

En líneas generales, en la actualidad el 50% de la carga general se transporta en contenedores. Según estimaciones, para el segundo decenio del siglo XXI, la proporción oscilará entre el 65% y el 75%. Los países de América del Sur han venido adoptando políticas de apertura de sus economías que

incluye al transporte marítimo que han propiciado que empresas extrarregionales aparezcan en el mercado regional, fomentándose una fuerte competencia con las compañías navieras de la región en el transporte de las cargas que genera el comercio exterior de nuestros países. Una interrogante que surge a la luz de lo mencionado tiene que ver con la capacidad de las compañías navieras de América del Sur de para competir en este mercado globalizado de transporte marítimo. El transporte sudamericano enfrenta los retos de promover un sistema competitivo y eficiente que responda a las tendencias tecnológicas, de mercado y de organización del transporte marítimo en el mundo.

Si Chile desea seguir creciendo y desarrollándose al ritmo actual, tendrá que crecer en proporciones congruentes y en forma sincronizada en su sector productivo, infraestructura portuaria, rodoviaria, ferroviaria y aérea, entre otros. Esta situación, de seguro es extensible a otras zonas del planeta, en que una herramienta de apoyo a la planificación portuaria de la envergadura planteada en este trabajo será también útil.

## **3: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE PROYECTOS PORTUARIOS**

### **3.1.- INTRODUCCIÓN**

En el momento de generarse algún interés por parte de los navegantes en volver a la localidad en que recalaron sus naves, quizás muchas veces por el abrigo encontrado y con suficiente calado, la llegada por vía marítima a ese mismo lugar geográfico se vuelve a repetir, creándose a través de los años un asentamiento en desarrollo.

Con el posterior acondicionamiento de caminos que recorren el interior de la zona circundante al lugar de llegada de las naves, en busca de espacios productivos y de condiciones favorables para la construcción de viviendas que les cobijan, surge el desarrollo de un grupo de habitantes que seguirán utilizando el transporte, tanto por vía terrestre como acuática para desarrollar sus actividades. De esta forma se generan dependencias interactivas que conllevan al progreso de ambos.

Con el desarrollo de las infraestructuras viales y las tecnologías en el transporte terrestre, es posible abarcar una mayor área de tributación de mercancías hacia y desde el puerto, es decir un mayor hinterland. Así, al ser los puertos un punto vital de intercambio, no sólo de mercancías, sino también de valores culturales, ideológicos, biológicos y socioeconómicos, el poder político comenzó a ejercer control sobre estos puntos de unión con el exterior. Así, en España el poder político de la época ejerce el control facilitado por el paso obligado de las embarcaciones que provengan de América por el puerto de Sevilla o Cádiz y los puertos de Puerto Cabello, Veracruz y Buenos Aires en América. De esta manera se ve reforzado el movimiento y por ende el crecimiento de estos puertos.

La revolución industrial hizo incrementar los requerimientos de enormes cantidades de materia prima y la apertura de nuevos mercados trayendo consigo, la evolución de embarcaciones más eficientes que pudieran transportar enormes cantidades de mercancías a menor coste unitario, básicamente

aprovechando las economías de escalas. Esto obligó a revolucionar en forma paulatina las infraestructuras portuarias. Así, los puertos comienzan a estrangular a las ciudades que albergan a las personas que trabajan en algunas de las cadenas de servicios en la actividad portuaria, generándose una interacción entre ciudad y puerto que catapultan aún más esta mezcla territorial y socioeconómica entre la ciudad y el puerto. (Revista Portus, Relación Ciudad-Puerto)

Hoy por hoy, gracias a la comercialización de mercancías de países del Asia, cada 15 años se duplican los fletes de navegación (PERY P. III Curso de Transporte Marítimo y Gestión Portuaria) lo que impulsa el cambio de las políticas de diseño de buques y maquinarias de apoyo a la transferencia de carga, desde diseños de naves pensados en el manejo dentro de los puertos hasta embarcaciones diseñados para generar recursos económicos y maquinarias que lleven un menor tiempo en las operaciones de desembarco y estiba de carga.

La creación de las rutas marítimas entre grandes zonas geopolíticas a través del canal de Suez y de Panamá, junto al desarrollo del transporte terrestre que en gran medida se debe al ferrocarril, a la infraestructura rodoviaria y a las máquinas tecnológicamente más avanzadas, incrementan la productividad del intercambio de mercancías y hacen desembocar el desarrollo de naves a las embarcaciones hoy en funcionamiento.

La incorporación de nuevos países al fenómeno de intercambio cultural, social, mercancías, entre otros, junto al desarrollo del contenedor como un elemento unitario de la carga, a la unificación de divisas y a una mayor agilidad en el flujo de documentación debido al desarrollo informático, ha generado esquemas de transporte como la centralización de la recepción de la carga en grandes puertos capaces de recibir a enormes buques para transbordar las mercancías a embarcaciones adecuadas a los puertos más próximos a los destinos, es decir, esquemas Hub y Feeder. (Exposición de Pascual Pery, III Curso de Transporte Marítimo y Gestión Portuaria, ETSI Caminos, Canales y Puertos y ETSI Navales, 2003).

En la actualidad la planificación de infraestructuras de transporte es una condicionante para la planificación estratégica de un país y debe considerarse integrada en las cadenas logísticas, dado que el mundo globalizado conlleva ha planificar las industrias de una región al igual que en una unidad productiva, donde el enfoque sistémico mejora la eficiencia de la gestión de los factores involucrados, entre ellos al ser humano. Esta visión extendida al proceso de producción y consumo de bienes y servicios permite una mejor visualización integral de los procesos de intercambio de productos, lo que conlleva a que estas cadenas ya no se hagan en un solo país, sino que aprovechen las eficiencias de cada una de ellos.

Por lo tanto, el nuevo concepto de puerto es estar perfectamente integrado en la cadena global de transporte. Debe entenderse al transporte terrestre como un nuevo usuario del puerto y a la vez, al puerto como usuario del sistema de transporte y este al servicio del sistema socioeconómico y no tan solo a un país en cuestión, sino que a un conjunto de ellos. Los puertos y vías terrestres son infraestructuras que conforman eslabones de cadenas logísticas a gran escala, dado que resulta más fácil ejecutar una gestión de gran envergadura, tal como los puertos, bajo un enfoque sistémico. Entonces, para que la visión logística global e integral permita rentabilizar frutos, es imprescindible planificar el desarrollo de infraestructura portuaria en conjunto con las vías terrestres y otros factores interrelacionados.

Con todo esto, en este capítulo veremos algunos modelos gráficos que explican la evolución y desarrollo de la distribución del sistema portuaria. Una vez, explicado los conceptos básicos que explican la interacción de aquellos factores que intervienen en el desarrollo de ciertos puertos sobre otros, se describe las metodologías que actualmente se utilizan para la determinación de la localización de infraestructuras portuarias.



## **3.2. MODELOS EXPLICATIVOS DEL DESARROLLO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PUERTOS**

Muchos puertos han sido localizados desde una perspectiva externa del dominio terrestre, sino más bien desde el medio acuático. Tal es el caso chileno, donde en la época colonial española se impulsa el nacimiento de la mayoría de los puertos. Los navegantes continuamente observaban la geomorfología del litoral costero en busca de un lugar de abrigo con intenciones de desembarcar resguardado del oleaje y viento. De esa manera nacieron muchos puertos actuales. Pero este hecho no fue suficiente para el desarrollo portuario en el siglo pasado, ni menos los es, para la época actual.

Al observar algunos modelos existentes que explican en parte, la evolución de los sistemas portuarios que operan en una región, podemos visualizar los procesos involucrados en la evolución y desarrollo de la distribución y localización de infraestructuras portuarias.

### **3.2.1.- El modelo de Taafe-Rimmer**

Uno de los modelos descriptivos que contribuyen a describir el proceso de generación de los hinterlands y de la distribución portuaria es el denominado de Taafe-Rimmer. Se basa en un modelo diacrónico en varias etapas del desarrollo y cambio de las redes de transporte, propuesto por Taafe, Morrill y Gould (1963) con fundamento en el análisis de datos de Ghana y Nigeria; este modelo fue modificado y utilizado por Rimmer (1967) para una aplicación al estudio de los puertos australianos y generalizado para la geografía portuaria por Bird (1971).

Este modelo considera fundamentalmente la evolución de la red de transportes. Sólo de forma secundaria se tienen en cuenta otra serie de factores que condicionan el crecimiento de esa red. En cualquier caso Taafe, Morrill y Gould marcan el paralelismo entre las fases de su modelo y las del modelo famoso de crecimiento económico de Rostow. La ilustración 3-1 muestra las cinco fases o etapas que el modelo describe, según Bird. (Zubieta 1978).

En la primera fase se distinguen los puertos, aunque pequeños, distribuidos en lo largo de la costa, cada uno con una vía de comunicación terrestre perpendicular a la costa que definen, a falta de vías transversales, los

hinterlands portuarios en forma muy sencillos. La única comunicación interportuaria se produce por las líneas de navegación de cabotaje (de trazos en la ilustración).

En la segunda fase se produce el crecimiento de ciertos núcleos comerciales interiores, C1, C2, etc., situados sobre algunas de las vías de penetración al territorio interior, lo que conlleva a un crecimiento del tráfico de los puertos correspondientes, P1, P2, etc., en capturando carga que antes atendían los restantes puertos. Simultáneamente se potencian las conexiones marítimas mediante el cabotaje entre los puertos en crecimiento.

En una tercera fase se producen los primeros centros nodales, N2, N4, que potencian los puertos P2 y P4, al tiempo que aparecen conexiones terrestres entre los puertos y los primeros centros del interior. Asimismo, se detecta ya una jerarquización en los enlaces marítimos, destacando los que unen los puertos más desarrollados.

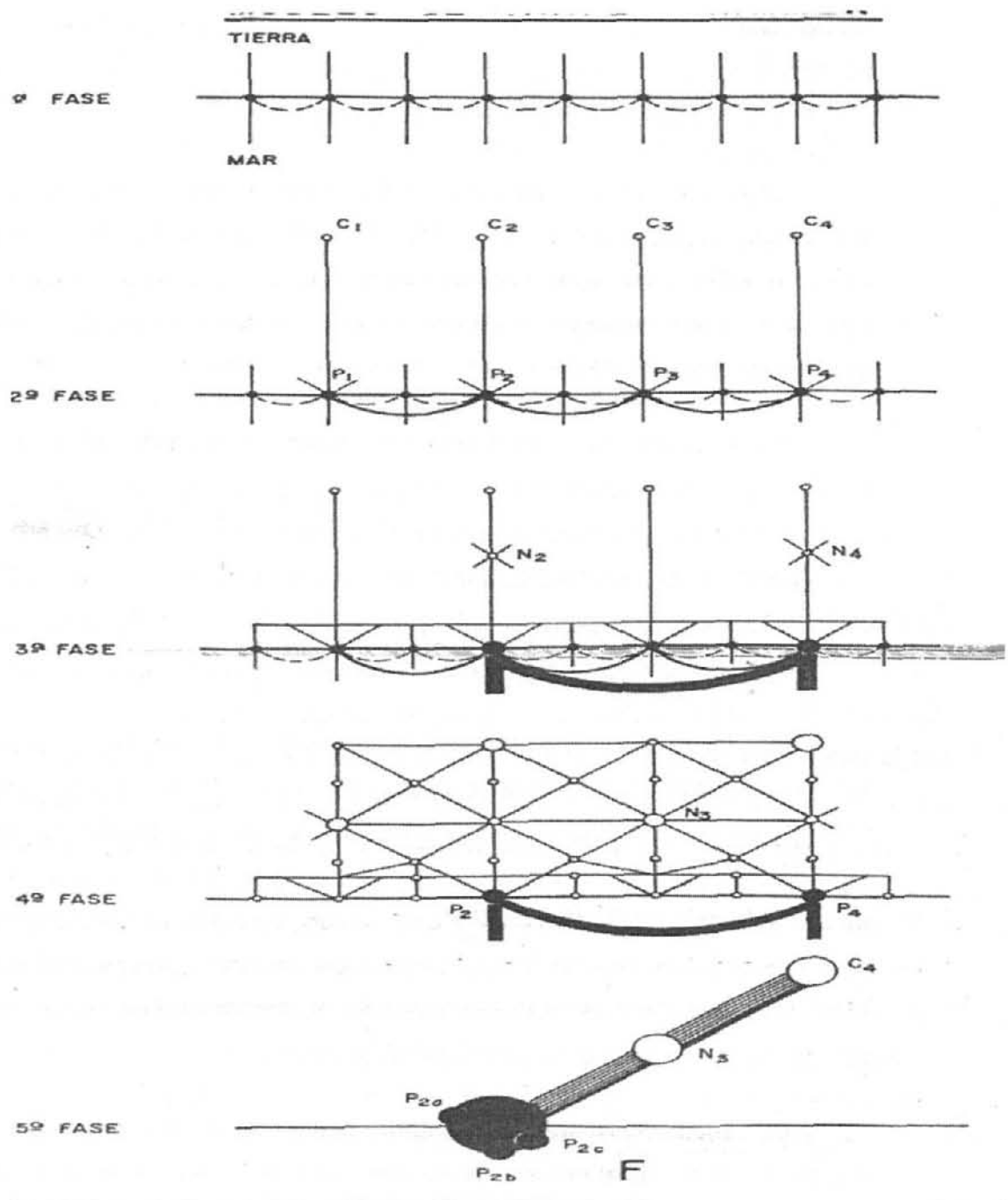
En la cuarta fase, el puerto P2 empieza a dominar sobre el resto, siguiéndole en rango el P4. Incluso se produce un proceso de decadencia de los puertos menores al ir desapareciendo las conexiones marítimas entre ellos ante la competencia del transporte terrestre; únicamente las líneas de navegación que unen los puertos de importancia (P2, P4) sobreviven. Los hinterlands de esos puertos se extienden y centros como el N3 gravitan ya sobre P2.

La última fase, indica una gran complejidad de las vías de comunicación terrestre y la supremacía absoluta de uno de los puertos del conjunto (en este caso el P2) conectado con el interior por medio de las grandes vías nacionales que delimitan un gran hinterland de este puerto, frente a otros mucho menores para el resto de los subsistentes. Por otro lado el gran crecimiento de la actividad de este puerto da lugar a la aparición de instalaciones anexadas al mismo, muelles de contenedores, zonas industriales, puntos de atraque de petroleros, etc. que se representan en el gráfico por P2a, P2b.

El modelo de Taaffe-Rimmer representa sin duda un acercamiento, por muy parcial que sea, al proceso de formación de un hinterland en competencia con las contiguas. Su mayor defecto radica en la consideración fundamental de la red de transportes terrestres en perjuicio de otros factores: ello, y a pesar de la generalización propuesta por Bird, parece que conduce a la explicación de

sistemas nacionales de puertos con fuerte primacía, propios de países neocolonizados como son Nigeria y Ghana, para los que fue pensado.

**ILUSTRACIÓN 3-1  
MODELO DE TAAFE – RIMMER**



FUENTE: ZUBIETA J.L. PAG 319 MOD. TAAFE-RIMMER

### 3.2.2.- El modelo de Bird

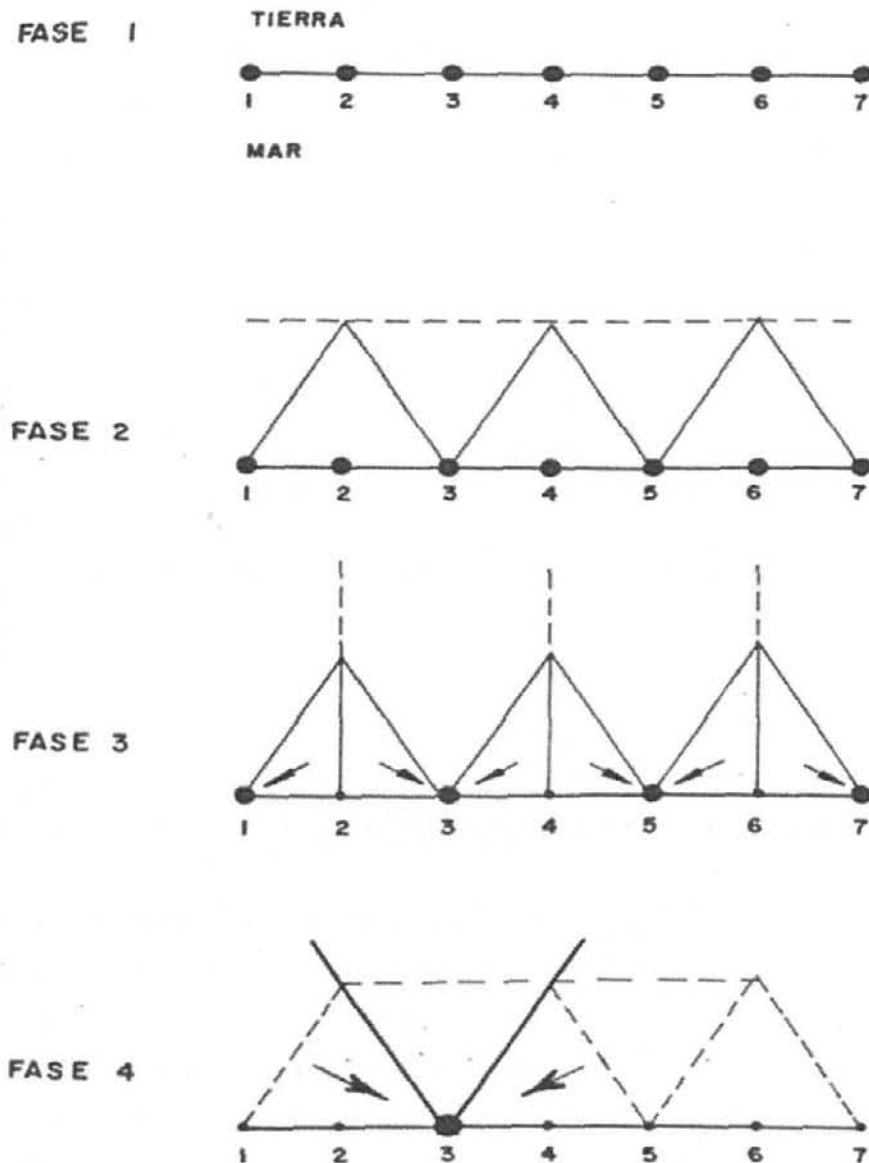
Bird considera una línea costera con varios puertos similares equidistantes (ilustración 3-2, fase 1). De las distintas pautas poligonales de influencia adaptables, rectángulos, hexágonos, triángulos equiláteros, y a diferencia de Taaffe-Rimmer, que partieron de una pauta rectangular, piensa en primer lugar en las hexagonales de acuerdo con los modelos de la teoría de los lugares centrales. La excentricidad que todo sistema de puertos presenta (con las excepciones derivadas de los puertos interiores) obliga a sustituir la pauta hexagonal primitiva por otra en triángulos equiláteros, que no son sino semihexágonos (fase 2).

Bird justifica, la adopción de esta pauta triangular. Según él, en caso de una pauta rectangular todos los puertos deberían estar similarmente atendidos por sus hinterlands y cualquier desarrollo se debería a factores externos al mismo (desarrollo del transporte marítimo por ejemplo).

En la fase 2 citada, los hinterlands de los cinco puertos tendrían un área similar pero funciones distintas, dada la posición invertida de los triángulos para los puertos impares. Considerando únicamente factores de desarrollo interiores a los hinterlands, como exige el supuesto del modelo, esos puertos impares pueden arrebatar espacio a los hinterlands de los puertos pares, lo que devendría en pautas rectangulares como las de la fase 3 de la figura.

Si se piensa en el mayor desarrollo del hinterland de uno de esos puertos, el 3 en el ejemplo, y viendo cómo en la fase 2, los dos triángulos hinterlands de los puertos 2 y 4 convergían sobre 3, este puerto llegará a influir en toda la zona costera de 1 a 5 con un hinterland semihexagonal formado por tres triángulos equiláteros (fase 4). Esta estructura es compatible, según Bird, con la supervivencia de los puertos pares 2 y 4 que mantendrían su primitivo hinterland triangular solapado o compartido con el 3 y también con la existencia de otros puertos de importancia el 1 y el 5 con hinterland también semihexagonal con un solape con el 3, que representara los triángulos izquierdo y derecho de este último, respectivamente.

### ILUSTRACIÓN 3-2 MODELO DE BIRD



FUENTE: ZUBIETA J.L. PAG. 334 MODELO DE BIRD

### 3.2.3.- El modelo de Verlaque

Verlaque (1975) ha propuesto un modelo diferente de la estructura de los hinterlands portuarios, achacando a los modelos de Taaffe-Rimmer y Bird el olvido de factores tan importantes como la intervención de la organización del espacio marítimo o los que inciden desde el exterior en una modificación de los mercados interiores a los hinterlands.

Hace intervenir, en consecuencia, los cuatro factores siguientes:

- a) El peso de los mercados interiores (M).
- b) El grado de desarrollo de los sistemas de transporte terrestre (R).
- c) La capacidad portuaria, definida por el nivel de desarrollo de su infraestructura y la agilidad comercial de la administración portuaria y agentes de transporte (P).
- d) La presión del espacio marítimo, resultado de la situación portuaria en la organización de dicho espacio (E).

Entre estos cuatro factores existen, según Verlaque, unas relaciones fundamentales:

- R es el intermediario más importante entre M y P.
- P es el intermediario más importante entre M y R de una parte y E de otra.
- Toda modificación de M y de E repercute respectivamente sobre R y sobre P, y viceversa.

Parte el modelo de la consideración primitiva de un litoral materializado por un eje rectilíneo sobre el que se sitúa un conjunto de puertos equidistantes, con una infraestructura similar y unas mismas relaciones con el exterior marítimo. A partir de aquí, pueden aparecer tres situaciones diferentes, normalmente, aunque no necesariamente, en forma sucesiva (ilustración 3-3).

- a) Situación 1. Se refiere al caso de un desarrollo embrionario de la red de transportes terrestres que se presenta únicamente como un conjunto de ejes de penetración perpendiculares a la costa. El hinterland de cada puerto es función, entonces, del peso del mercado interior M y del valor de R, materializándose por

una banda rectangular perpendicular al litoral, cuyas dimensiones serán proporcionales a M y R.

En la ilustración 3-3, situación 1, se distinguen dos zonas portuarias. En la primera los  $M_i$  y  $E_i$  son todos iguales ( $i = 0, 1, \dots, 4$ ), con lo que todos los hinterlands,  $h_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) son también iguales, dando lugar a tráficos iguales,  $P_1 = P_2 = P_3$ , en todos los puertos. En la segunda zona, una desigualdad entre los M, los R, o los E en los puertos estudiados, repercute inmediatamente sobre los hinterlands, sobre los tráficos de los puertos y su capacidad. Así, en la ilustración, un distinto valor en  $M_8$ ,  $R_8$  ó  $E_8$  da lugar a un  $h_8$  diferenciando y, en consecuencia, un distinto  $P_8$ , reduciendo el hinterland del puerto contiguo,  $h_7$ , y su tráfico  $P_7$ . Otras desigualdades se observan en el resto de puertos de esta zona, 4, 5 y 6. De todas maneras, no desaparece ninguno de los hinterlands, dado el carácter longitudinal de las R, sin conexiones transversales.

b) Situación 2. Referida a una red de comunicaciones terrestres igualmente organizada, tanto en densidad como en el conjunto de modos de transporte que la forman. Cada puerto dispondrá de un hinterland concretado en un semicírculo con centro en el puerto, donde su radio será proporcional a M (al ser R idéntico en cada puerto) y sus intersecciones delimitaran las zonas de influencia estricta, y las áreas de solape.

En la figura, situación 2, se distingue también una zona equilibrada, correspondiente a los puertos 1, 2 y 3, y otra zona desequilibrada como consecuencia de una modificación de M, P ó E en alguno de los puertos, con lo que los hinterlands ( $h_4$ ,  $h_5$ ,  $h_6$  y  $h_7$ ) en este caso alteran su forma rectangular, así en la figura, se ha desarrollado el hinterland  $h_6$ , hasta hacer desaparecer el  $h_7$ , cuyo puerto se convertirá en un anexo al 6 o se convertirá en puerto industrial.

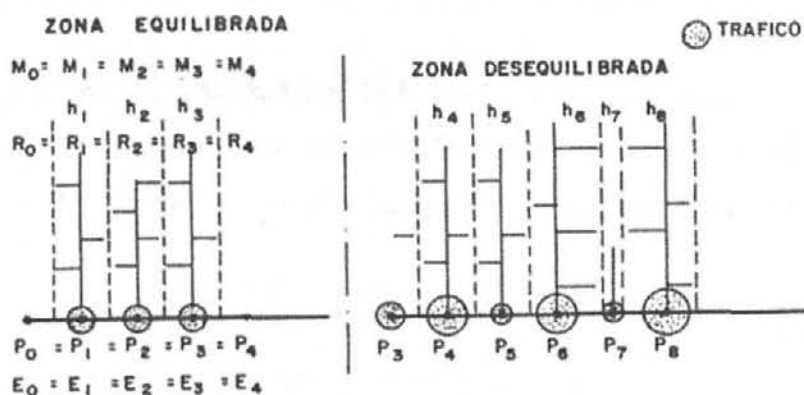
c) Situación 3. Se presenta ante la situación de unos ejes privilegiados de transporte para algún puerto que modifican su R y por tanto el hinterland para esos modos de transporte (ilustración 3-3, situación 3).

El modelo de Verlaque introduce nuevos factores de análisis de la estructura y desarrollo de los hinterlands pudiéndose estimar, teóricamente el efecto de una modificación en uno de los cuatro factores básicos sobre la extensión del hinterland y el tráfico portuario. No es difícil ver en este modelo de Verlaque, a pesar de sus diferencias con el de Bird, un avance en el sentido que

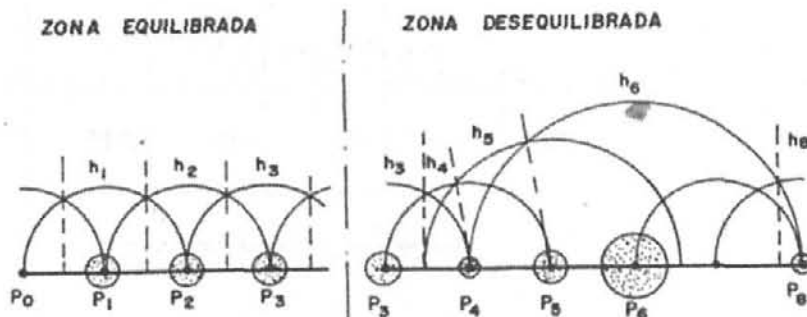
hemos indicado anteriormente de considerar los efectos de la estructura del espacio marítimo (E) y los aspectos económicos de los mercados terrestres servidos por los puertos (M).

En resumen, hay que considerar compatibles todos los modelos de estructura y desarrollo de los hinterlands portuarios, antecedentes de una formulación futura mas completa, basada en un profundo análisis empírico.

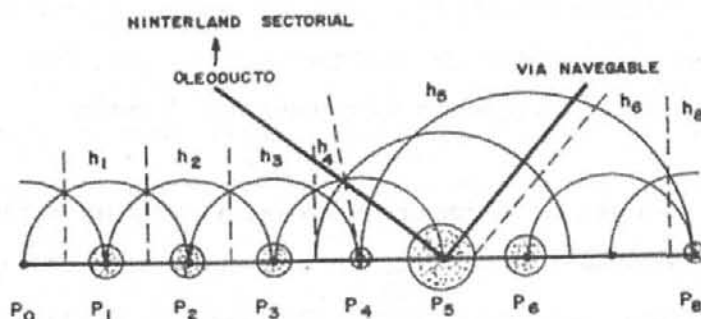
### ILUSTRACIÓN 3-3 EL MODELO DE VERLAQUE



#### SITUACION 2



#### SITUACION 3



FUENTE: ZUBIETA J.L. PAG 341 MODELO DE VERLAQUE



### 3.2.4.- Modelo de localización en base al mallado del territorio

Este modelo propuesto por el autor se basa en la experiencia de muchos otros autores en el desarrollo de modelos matemáticos para la localización de puertos secos para el rubro forestal. A.Weintraub, R. Epstein, J. Session, A. Shiba, J. Beyer han propuesto modelos de localización de canchas de acopio de productos forestales basados en el mallado del territorio y técnicas de investigación de operaciones.

Este modelo explica el funcionamiento del algoritmo de búsqueda de un lugar conveniente para localizar una infraestructura portuaria. La idea básica de funcionamiento del modelo es representar las zonas candidatas a localizar un puerto húmedo como un conjunto de parcelas con unidades de superficie iguales en su proyección al plano, a través de una matriz, en la cual cada parcela pertenece a la región de soluciones factible (ilustración 3-4).

**ILUSTRACIÓN 3-4**  
**PARCELACIÓN DEL TERRENO**

P3	P6	P9	P12
P2	P5	P6	P7
P1	P4	P7	P10

Fuente: Elaboración propia

En primera instancia, se debe construir un archivo de datos topográficos del terreno a intervenir y batimétrico para el caso de obras costeras. Tal archivo registra cada unidad de superficie del terreno en forma vectorial, asociando dicha malla a una matriz con coeficientes que representen los datos del terreno en cada uno de las parcelas superpuestas en la malla.

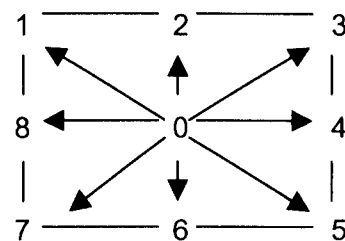
Después de haber construido los archivos correspondientes, se procede a incorporar los datos de entrada del modelo, las cuales consisten en las variables climáticas, económicas, oceanográficas, operación portuaria y de transporte desde puntos generadores de carga hasta el puerto y viceversa,

desde el puerto a su destino en el hinterland. El coste variable de transporte puede ser modificado, según combinaciones de modalidades y variando el coste fijo, es decir, analizando diferentes rutas posibles, incluso rutas aún no existentes, pero en proyección de realizarse.

El proceso de optimización de los costes totales involucrados en la operatoria de transferencia de carga a través de un puerto, producto de estar localizado en un lugar u otro, considera a las posibles soluciones factibles de la malla, como candidatas a ser soluciones respecto a la localización de los puertos en conjunto con las rutas de interconexión.

Cada localidad candidata a ser solución óptima, es evaluada en forma automática, calculando el coste total combinado más conveniente, según la selección del tipo de puerto. Estos costes son comparados, bajo el algoritmo de enumeración local de radio variable, hasta obtener una solución incumbente, es decir, donde los costos combinados de transporte terrestre (CTTi), costo de transporte marítimo (CTMi), construcción de puerto (CCPi), mantención del puerto y zonas marítimas (CMPi), operación del puerto (COPi), sean mínimos. Para mayor claridad del algoritmo de enumeración local, ver ilustración siguiente.

### ILUSTRACIÓN 3-5 ESQUEMA ALGORITMO ENUMERACIÓN LOCAL



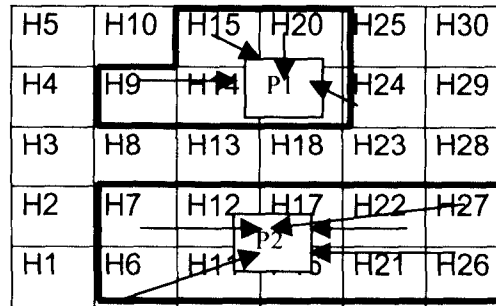
Fuente: Elaboración propia

Nota: 1,2,...8 Representan localizaciones a evaluar respecto de la localización 0.

El costo total combinado de todos aquellos costes producto de las actividades a desarrollar, es determinado a través de un conjunto de funciones de costos, efectuándose la selección del tipo de puerto, por intermedio de un árbol de decisión que responde a una estructura "si-entonces", es decir, en caso existir cierta condición, entonces calcúlese de tal forma.

La determinación del área de tributación (  $A_i$  ) de cada localización de puerto a evaluar, es determinada bajo un algoritmo de barrido por unidad, calculando cada costo involucrado y sumándolos a un total. En este proceso se selecciona el puerto al cual se transporta cada grupo de mercancías (  $M_i$  ). Para mayor claridad ver figura siguiente.

**ILUSTRACIÓN 3- 6**  
**AREA DE TRIBUTARIO POR PUERTO, HINTERLAND**



Fuente: Elaboración propia

$$A1 = H9+H14+H15+H19+H20$$

$$A2 = H6+H7+H11+H12+H16+H17+H21+H22+H26+H27$$

A cada  $H_i$  le corresponde un coste asociado por transporte de sus mercancías al puerto P1 o al puerto P2. En este caso H9 fue asignado a P1, por responder a un costo de transporte más bajo, mientras que H7 y H6 se transportan hacia el puerto P2.

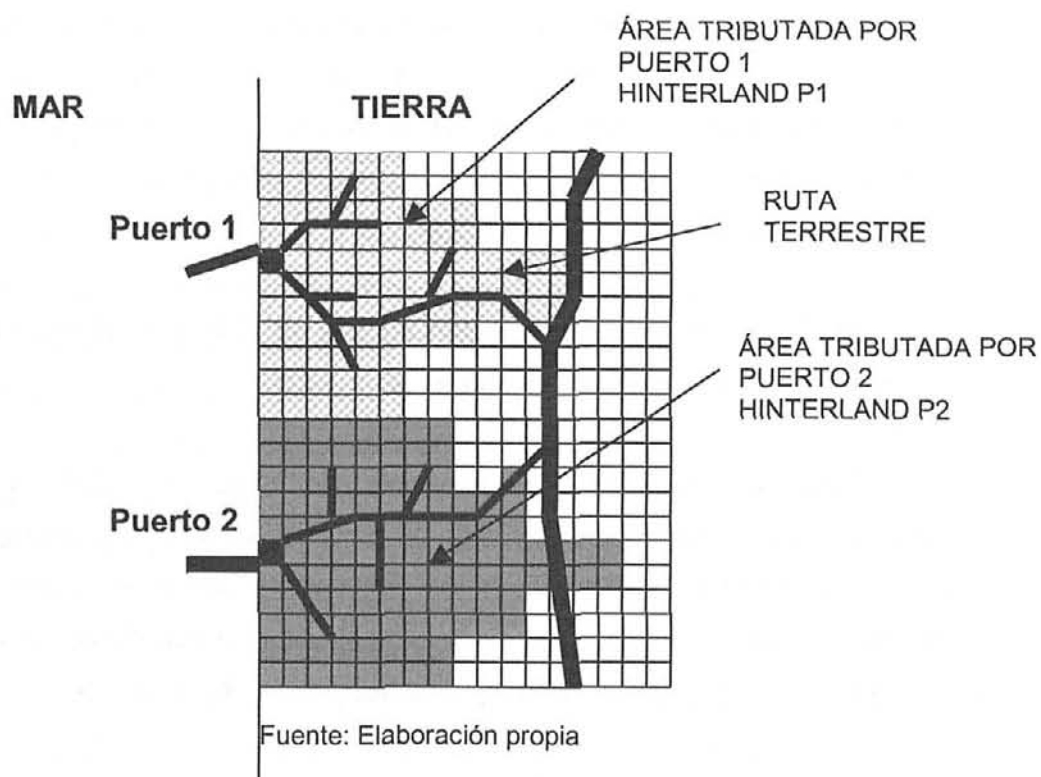
El algoritmo utilizado para la determinación de las rutas de transporte consiste en evaluar los costes variables de transporte por las carreteras que se dirigen hacia el puerto (destino) iniciándose desde el punto generador de carga (origen). El trazado elegido, es el que represente en conjunto con las demás actividades involucradas, una suma de menor costo.

En caso que se construya nuevas carreteras, para evaluar éstas, se debe considerar el costo fijo de transporte más el costo variable de transportar la mercancía hacia el puerto y viceversa, por esa carretera.

El proceso de optimización de las rutas se realiza utilizando redes en conjunto con teoría de mallas y una derivación del método Dykstra, para

encontrar la ruta más conveniente para comunicar un origen predeterminado y sus posibles destinos a considerar.

**ILUSTRACIÓN 3-7  
ESQUEMA DEL MODELO PROPUESTO**



### **3.3.- TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN ÁREA DE TRANSPORTE**

En muchos países, los recursos públicos no son suficientes para realizar todos los proyectos requeridos por la sociedad, especialmente, aquellos proyectos de inversión de infraestructura de transporte. La insuficiencia de recursos públicos, y la posibilidad de que inversionistas de carácter privado les parezca atractivo participar en este tipo de proyectos, así como la regularización jurídica y administrativa de los aportes financieros y retiros de beneficios por parte de los empresarios inversionistas, hace posible un cofinanciamiento público-privado en este tipo de proyectos.

El objetivo de esta participación privada es incorporar el dinamismo de una empresa privada a proyectos de interés general.

En las últimas décadas, el sector portuario ha recibido profundos cambios estructurales basados en esquemas de privatización y desregulación. En Europa se ha incrementado la introducción de empresas privadas en la provisión de servicios portuarios, la propiedad de la infraestructura ha quedado normalmente en manos del Estado, excepto en algunos puertos del Reino Unido.

En algunos países asiáticos como Japón y también en Hong Kong, la participación privada en el financiamiento de construcción de infraestructura a través de concesiones de operación privada, tiene larga data. En otras naciones, como Corea, Filipinas, Malasia y China, algunas compañías navieras están participando activamente en el desarrollo portuario.

Tal como ha ocurrido en los principales puertos del mundo, los procesos de liberalización y privatización en América Latina se han caracterizado por el uso del mecanismo de la concesión a capitales privados, manteniendo la propiedad estatal de los activos.

De esta forma, a través del concesionamiento, las autoridades portuarias estatales han reducido sus funciones, transformándose en responsables de coordinar las actividades al interior de los puertos, velar por la competencia y obtener ingresos a partir del arrendamiento de la infraestructura portuaria.

Tanto por su importancia específica como por su cercanía a Chile, destacan los casos de Argentina y Brasil, en la costa Este de Sudamérica, y más recientemente el de Perú, en la costa Oeste. A ellos se agregan otros numerosos procesos de reforma en los sectores portuarios de países tales como México, Panamá, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Colombia, Venezuela, Ecuador y Uruguay

En la década de los 80 un gran problema para Chile fue absorber el aumento de la demanda de servicios portuarios por la expansión del intercambio comercial. Para resolverlo, el Estado reestructuró el sistema portuario estatal, instaurando un sistema de libre acceso a múltiples operadores privados, introduciendo competencia al interior de los puertos estatales. De ese modo, se separó la propiedad y desarrollo de la infraestructura, a cargo de una empresa pública, y la prestación de los servicios portuarios, bajo un sistema de concesión portuaria con un esquema mono operador. Visión que se aplica en todos los programas de desarrollo de infraestructura de transporte del país.

Varios países sudamericanos han realizado profundos procesos de modernización en los noventa. En ellos, son factores comunes la transformación institucional, la incorporación de privados a la operación y mecanismos para cautelar la competencia.

Las concesiones existentes, demuestran el gran interés de los inversionistas privados por invertir en el sector portuario. Muchos de ellos han llevado a cabo iniciativas relacionadas con terminales especializados construidos y operados por ciertos usuarios para sus propias necesidades.

No obstante, los inversionistas indicaban que las mejores oportunidades futuras estaban en la ampliación de algunos puertos estatales, pero, el Estado tampoco asumió estas necesidades de mayor inversión. (E. Frei Ruiz-Tagle, Presidente de Chile 1993-1999)

Sin embargo, la decisión gubernamental de la década anterior, fue el mecanismo de concesiones de frente de atraque, debido a que ya existían en Chile experiencias fructíferas de cooperación privada-estatal y, también, a causa

de las imperfecciones competitivas propias del caso chileno, que se manifiestan en considerables barreras de entrada por la escasez de bahías abrigadas, importantes externalidades y otros frentes de poder monopólico.

Claro está, que esta participación de financiación de privados en proyectos de carácter público puede afectar positiva y también negativamente a los objetivos primordiales de la implementación del proyecto. Sin embargo, las ventajas parecen tener más peso que los inconvenientes, y además permite acelerar la realización de los proyectos, tan necesarios para el progreso de los habitantes de alguna región.

En todo caso, antes de realizar algún proyecto de inversión en infraestructura portuaria para el transporte de mercancías, se requiere una evaluación de dicho proyecto. Obviamente, tanto por parte del sector público como por la otra parte privada. Cada parte con sus respectivas consideraciones.

Existen tres formas fundamentales de evaluación en proyectos de inversión, estas son; la evaluación ex ante para describir la evaluación que se realiza durante las fases de planificación y diseño del proyecto, cuya función principal es estructurar la información existente para llegar a cumplir los resultados que se esperan con el proyecto; luego está la evaluación intermedia, emprendida durante la etapa de puesta en funcionamiento del proyecto, con el fin de observar los progresos alcanzados para poder hacer una evaluación preliminar de los efectos del proyecto y/o del grado de cumplimiento de los mismos, según el plan previsto; y por último, la evaluación ex post, que describe la evaluación realizada una vez que la fase de implantación ha concluido y ha comenzado la fase de operación, con el fin de proporcionar a los decisores información suficiente sobre los resultados y consecuencias del proyecto. (Leleur 1995, Turró 1999, Sugden and Williams 1978, Layard and Glaister 1994)

En las evaluaciones de los proyectos de inversión de carácter privado, como lo es la evaluación de una construcción de infraestructura portuaria para su posterior operación, la consideración más significativa es el beneficio que esta actividad reporta al inversionista.

La mayoría de las evaluaciones de proyectos de carácter privado, se basan en la noción de que los beneficios se producen primeramente sobre los usuarios, y sólo en segundo lugar se producen sobre los no usuarios (Beimborn et al., 1993).

Las actividades de prestación de servicios efectuadas en el ámbito portuario, administrada, tanto por empresas privadas como públicas, afectan por intermedio de un impacto directo e indirecto a las personas que habitan el territorio circundante al puerto. Es por ello, que la evaluación de un proyecto de inversión portuaria debe contemplar los costes indirectos, las externalidades, tanto positivas como negativas, cuantificables como intangibles.

Los efectos que estos proyectos producen en las comunidades adyacentes en que muchas veces alcanzan a influir en otros territorios más lejanos, son numerosos. Podemos observar que uno de los mayores efectos repercute sobre la localización de las actividades con alto margen de probabilidad de originar nuevas actividades, al menos localmente. La concentración de actividades resultante puede provocar la aglomeración de beneficios, como pueda ser la reducción de los costes de provisión de servicios públicos que va asociado al existir concentración de actividades (Beimborn et al., 1993).

La relación entre las actividades normales de los habitantes de la ciudad-puerto y el quehacer portuario es estrecha. La congestión de vehículos de transporte, en rutas compartidas con los conductores privados, las construcciones urbanas rodeadas por la infraestructura portuaria, los contaminantes atmosféricos, entre otros, entorpecen la actividad portuaria y este a su vez, afecta la convivencia de la ciudad. Esta interacción es una de las áreas que en la actualidad conforma un factor importante a considerar a la hora de evaluar la construcción y posterior operación de un puerto.

Además, el impacto en el medio ambiente producto de la nueva actividad portuaria, tanto en el medio acuático, atmosférico como terrestre, no tan sólo afecta a la comunidad circundante al puerto, sino que sus efectos llegan a distancias, muchas veces insospechadas.



Desde un punto de vista de interés privado, interesa evaluar aquellos costes que son estrictamente necesarios para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. En el caso de construcciones portuarias, interesa evaluar los directos de dragado, construcción de obras de abrigo, construcción de líneas de atraque, costes de transporte hacia y desde el hinterland, el coste de navegación marítima en conjunto con aquellos costes que no necesariamente son imprescindibles para el logro exitoso de los resultados esperados, pero que afectan en forma indirecta a las propias personas involucradas con el proyecto como a aquellas ajenas a la actividad del proyecto pero vinculadas por residir en el mismo territorio.

El estado, por intermedio del sistema judicial, regula la autorización de construcción de los proyectos de infraestructura de transporte, exigiendo a los empresarios a desarrollar actividades que disminuyan estos impactos a terceros, lo que implica interiorizar los costes producidos por las externalidades.

De este modo, los factores antes descritos, conllevan a que las evaluaciones de este tipo de proyectos de inversión tengan objetivos privados y sociales, es decir, objetivos que incluyan la protección de los intereses de la sociedad. Para ello, se utiliza la metodología de evaluación de efectos económicos, sociales y ambientales, tales como la rentabilidad, la equidad, la calidad de vida de los habitantes contiguos al proyecto, la accesibilidad, el medio ambiente, etcétera. Al contrario como se pudiera pensar, las evaluaciones de realizados por los inversionistas privados, también incorporan algunos de estos aspectos, debido a que es el estado quien posee la facultad de autorizar la implementación del proyecto, para lo cual exige el cumplimiento de estándares mínimos respecto a impactos por costes indirectos.

Últimamente, la evaluación de impactos se está considerando con mayor fuerza en los análisis de las estrategias, siendo la tendencia de ir aumentando su incorporación en las evaluaciones en el área de transportes (Nijkamp, P. & Blaas, E., 1994).

Aunque en el caso chileno, las evaluaciones de nuevas infraestructuras portuarias sean efectuadas por quienes sean los propietarios de la inversión, el estado debe realizar una evaluación propia para velar por los intereses de toda

la sociedad. Por lo tanto, frente a este escenario, en que los espacios marítimos del borde costero con condiciones factibles par la construcción de una infraestructura portuaria, sean concesionables a privados, las metodologías de evaluación de dichos proyectos deben considerar aquellos aspectos que sean de interés a la sociedad.

Una de las recientes incorporaciones a las evaluaciones de proyectos de inversión en el área de infraestructuras portuarias, es el factor medioambiental y la relación ciudad-puerto, cuyas importancias han sido crecientes en las últimas décadas, en paralelo al interés que ha supuesto el concepto de desarrollo sostenible.

En muchos casos, los objetivos de las inversiones de transporte deben identificar situaciones donde los factores económicos, sociales o de equidad y ambientales apunten en la misma dirección. No se trata de un simple equilibrio entre estos tres grupos de factores, sino que más bien se trata de un problema de integración de las diferentes políticas. En definitiva, hay que invertir en aquéllas oportunidades, bien sean planes generales o proyectos más concretos, que conduzcan al desarrollo económico, que proporcionen unos claros beneficios ambientales o por lo menos, que no los disminuya y que permitan una distribución más equitativa de todos estos beneficios, lo que se conoce como la situación *“win-win-win”* (Banister, D. and Berechman, J., 2000).

### **3.3.1.- Evaluación social de proyectos**

La evaluación social de proyectos compara los beneficios y costes que una determinada inversión pueda tener para la comunidad de un país en su conjunto. No siempre un proyecto que es rentable para un particular es también rentable para la comunidad y viceversa .

Tanto la evaluación social como la privada usan criterios similares para estudiar la viabilidad en un proyecto, aunque difieren en la valoración de las variables determinantes de los costes y beneficios que se le asocien. A este respecto, la evaluación privada trabaja con el criterio de precios de mercado, mientras que la evaluación social lo hace con precios sombra o sociales. Estos últimos, con el objeto de medir el efecto de implementar un proyecto sobre la

comunidad, deben tener en cuenta los efectos indirectos o externalidades que los proyectos generan sobre el bienestar de la comunidad, como por ejemplo, la redistribución de los ingresos y la disminución de la contaminación ambiental.

De igual forma, hay otras variables que la evaluación privada incluye y que pueden ser descartadas en la evaluación social, como el efecto directo de los impuestos, subsidios u otros que, en relación con la comunidad, sólo corresponden a transferencias de recursos entre sus miembros.

Los precios privados de los factores se pueden corregir a precios sociales, ya sea por algún criterio particular a cada proyecto o aplicando los factores de corrección que varios países definen para su evaluación social. Sin embargo, siempre se encontrará que los proyectos sociales requieren del evaluador la definición de correcciones de los valores privados a los valores sociales; para ello, el estudio de proyectos sociales considera los costes y beneficios directos, indirectos e intangibles y, además, las externalidades que producen.

Los beneficios directos se miden por el aumento que el proyecto provocará en el ingreso nacional mediante la cuantificación de la venta monetaria de sus productos, donde el precio social considerado corresponde al precio de mercado ajustado por algún factor que refleje las distorsiones existentes en el mercado del producto. De igual forma, los costes directos corresponden a las compras de insumos, donde el precio se corrige también por un factor que incorpore las distorsiones de los mercados de bienes y servicios demandados.

Los costes y beneficios sociales indirectos corresponden a los cambios que provoca la ejecución del proyecto en la producción y consumo de bienes y servicios relacionados con éste. Por ejemplo, los efectos sobre la producción de los insumos que demande o de los productos sobre los que podría servir de insumo- lo cual puede generar los beneficios o costes sociales- dependen de la distorsión que exista en los mercados de los productos afectados por el proyecto.

Los beneficios y costes sociales intangibles, si bien no se pueden cuantificar monetariamente, deben considerarse cualitativamente en la

evaluación, en consideración a los efectos que la implementación del proyecto que se estudia puede tener sobre el bienestar de la comunidad. Por ejemplo, la conservación de lugares históricos o los efectos sobre la distribución geográfica de la población, geopolíticos o de movilidad social, entre otros.

Son externalidades de un proyecto los efectos positivos y negativos que sobrepasan a la institución inversora, tales como la contaminación ambiental que puede generar el proyecto o aquellos efectos redistributivos del ingreso que pudiera tener. (Sapag, 1995)

### **3.3.2.- Procesos de decisión y unidades de medición**

Un proceso de decisión implica, necesariamente, la comparación entre las alternativas, el hecho de comparar elementos se traduce en la necesidad de realizar mediciones que permitan aplicar los criterios de comparación de modo de establecer preferencias entre ellos. Los elementos que participan en un proceso de decisión por lo general se miden en escalas diferentes (peso, distancia ó tiempo por ejemplo), por lo que se requiere transformar estas unidades en una unidad abstracta que sea válida para todas las escalas.

En el análisis de decisiones de inversión, normalmente esta diversidad de métricas se resuelve con la transformación de todos los impactos de un proyecto, en un indicador económico, típicamente el valor actual neto (VAN) o la tasa interna de retorno (TIR) o la combinación de ambas, entre otros como ser el periodo de recuperación de capital, el costo anual equivalente, el valor actual netos por cada unidad monetaria de la inversión (IVAN), cuyas unidades de medida es el valor del dinero en un instante dado del tiempo.

Por otro lado, participan también en el proceso muchas variables intangibles imposibles de cuantificar en medidas tradicionales, aspectos políticos, sociales y ambientales por ejemplo, que también deben verse representados por una escala común, y que algunas ocasiones son de difícil medición en términos económicos.

La cuestión es cómo determinar la importancia de estos factores y sintetizar la información para su comprensión y poder tomar la mejor decisión.

En este típico problema de toma de decisiones, lo que interesa medir es cuánto más preferible es una alternativa sobre otra. Esto requiere realizar un proceso de comparación, necesitándose una escala de evaluación común. Las escalas de evaluación permiten caracterizar los elementos bajo un mismo patrón de comparación pudiendo de esta manera establecer relaciones entre ellas.

### **3.3.3. Análisis costo-efectividad**

El análisis costo-efectividad, corresponde a la evaluación de diferentes alternativas de inversión, con el fin de comparar éstas sobre la base de objetivos y criterios ya definidos. De esta forma se podría considerar como un subconjunto de un análisis costo-beneficio en el que los costos y los beneficios se calculan en términos monetarios.

### **3.3.4. Análisis costo-beneficio**

El análisis Costo-Beneficio, o evaluación de proyectos, o evaluación de inversiones, es una herramienta que consiste en la comparación de los costos (de inversión y operación) de un proyecto con los beneficios que este genera.

Por proyecto entenderemos el conjunto integrado de actividades orientadas a alcanzar objetivos y metas específicas, con un presupuesto definido, personas o entidades responsables, y en un plazo determinado. Desde el punto de vista económico, un proyecto corresponde a la decisión acerca del uso de recursos con el objeto de incrementar, mantener o mejorar la producción de bienes o la prestación de servicios. Se materializa, por lo general, en una obra física: construcción, reparación, ampliación, etc. En su materialización los agentes económicos compran insumos, los combinan y transforman de manera que el producto obtenido genere beneficios que excedan el valor de esos insumos. Así, la evaluación de proyectos la definiremos como una herramienta ingenieril enfocada a la aplicación de determinados criterios de manera que permita emitir al decisor un juicio respecto de la pertinencia, eficacia e impacto del uso de recursos, actividades y resultados en función de objetivos

preestablecidos de cada alternativa de proyectos. Los criterios de evaluación quedan subordinados a los objetivos que se persigan con cada proyecto, valores y limitaciones impuestas por la entidad evaluadora y las restricciones legales.

Esto supone la capacidad de identificar, medir y valorar, los costos y beneficios involucrados. Cuestión que en la práctica no siempre es posible. Los beneficios y costos que se deben identificar, medir y valorar, son aquellos que resulten relevantes desde el punto de vista del inversionista que desea llevar a cabo el proyecto. Así se distinguen dos tipos de inversionistas, uno es el inversionista privado, en el caso más general, pero cuando el punto de vista de la relevancia de los costos y beneficios es el de todos los agentes económicos que conforman la comunidad nacional, se estará efectuando una evaluación social de proyecto.

El análisis costo-beneficio ha conducido a dos vidas entrelazadas. La primera se encuentra entre sus practicantes, economistas de dentro y fuera de las entidades públicas que han desarrollado las técnicas, han tratado de producir los mejores datos y han extendido el campo de acción del análisis. La segunda está entre los políticos y administradores, quienes han establecido las reglas y procedimientos que rigen el uso del análisis costo-beneficio para la toma de decisiones públicas.

Uno de los riesgos que se corre con el uso de este método es que la tendencia a cuantificar los efectos sobreenfatice aquéllos que son valorizables, aún cuando otros efectos intangibles no cuantificados pueden ser tanto o más importantes.

El análisis costo beneficio es actualmente la principal herramienta para la evaluación económica de programas y proyectos públicos, en cualquiera de sus fases, tales como proyectos mejoramientos de puertos, desarrollo urbano, vías férreas, autopistas y caminos, etc.

Estos procedimientos se han modificado en varias ocasiones a medida que ha evolucionado y se ha desarrollado el análisis costo-beneficio. El estatus y el papel del análisis costo beneficio en los recursos naturales públicos y en la toma de decisiones ambientales ha sido tema de continuas discusiones como

también de conflictos políticos y administrativos. Algunos ejecutivos públicos y dirigentes políticos han adoptado la posición de que el análisis costo-beneficio constituye un intento de frustrar el proceso de discusión, la participación ciudadana, la democracia y la toma de decisiones políticas que tendrá lugar alrededor de potenciales programas y proyectos públicos. (Arancibia S., et.al. 2002) Contreras E., Mella S., Torres P., Ilablanca I., Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva, Chile, 2002 )

### **3.3.5.- Metodologías multicriterio**

Cada vez más, se hace necesario una metodología que logre combinar las distintas dimensiones, objetivos, actores y escalas que se hallan envueltos en el proceso de toma de decisiones, sin sacrificar la calidad, confiabilidad y consenso en los resultados.

Una de las características principales de las metodologías multicriterio es la diversidad de factores que se logran integrar en el proceso de evaluación. La particularidad de cada metodología multicriterio está en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad.

Los métodos de evaluación multicriterio provienen fundamentalmente del área de Investigación de Operaciones (I.O.). El clásico problema de I. O. es optimizar una función objetivo sujeto a un set de restricciones. En los modelos multicriterio se aborda un problema distinto: optimizar un set de funciones objetivo.

La “teoría de evaluación multicriterio” comprende en realidad un conjunto de teorías, modelos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, aplicable no sólo al análisis de inversiones sino a una amplia gama de problemas en la gestión tanto privada como pública tales como: análisis de posicionamiento de marcas en el mercado, medición de percepciones de clientes y selección de tecnologías.

Desde el punto de vista de toma de decisiones en base a la rentabilidad de los proyectos, el mundo ideal sería aquel que permite incorporar todos los efectos del proyecto en el VAN. Dado que esto no siempre es posible (hay beneficios y costos que no son medibles), se suele agregar al VAN un listado de beneficios y costos no cuantificables, por ejemplo: efecto en la descentralización, impactos ambientales no cuantificables, efectos redistributivos. Pero lo anterior no resuelve el problema de cómo tomar una decisión a partir de esa información.

Los modelos multicriterio permiten agregar efectos de un proyecto en una métrica común. Para ello se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Se deben definir los criterios (objetivos intermedios), y sus respectivas restricciones.
2. Definir tipos de variables: discretas o continuas.
3. Modelamiento de las preferencias. Existen básicamente dos alternativas: optimizar por separado para cada objetivo y luego agregar los subconjuntos de soluciones ó asignar pesos a los distintos objetivos y encontrar una sola solución.
4. Definir si se usan modelos determinísticos (sin incertidumbre) ó aleatorios. En el último caso se aplica la Teoría de preferencias sobre contingencias: programación dinámica, simulación, análisis probabilístico.
5. Si se opta por agregar objetivos se deben definir los métodos de agregación.

Dentro de estos métodos tenemos:

- Método de "juicio de expertos"
- Funciones de utilidad multiatributadas: transforman los múltiples criterios en uno sólo.
- Factor analysis
- Escalamiento Multidimensional
- Analytic Hierarchy Process (AHP)
- Otros.



### 3.3.5.1.- Paradigmas

Podemos entender los paradigmas como metapreguntas de la teoría, las más sencillas, las que justamente por esa calidad no se explicitan ni se cuestionan, sino que se dan como supuestos. Las preguntas que están en la base de la definición de paradigma son la definición de realidad, de los criterios de verdad, de la relación entre la parte y el todo. (Boulding, K. L. 1956. General system theory. The skeleton of science. Management Science 2: 198-199)

El paradigma positivista dice relación con los principios de la lógica clásica, con el conocimiento objetivo y el método cartesiano. La realidad es un objeto que puede ser estudiado por partes y la lógica inductiva basada en los principios de causalidad, razón necesaria, razón suficiente y determinismo causas para la explicación de los fenómenos formulando regularidades. El análisis y la experimentación requieren de hipótesis que disminuyan lo máximo posible el componente subjetivo de la realidad. El desarrollo científico moderno y la tecnología industrial tienen sus orígenes en el paradigma positivista, esto es, hay partes de la realidad donde su aplicación tiene validez y explicación.

El denominador común de todos los problemas que se abordan con evaluación multicriterio, es el reconocimiento explícito de la complejidad en los procesos de toma de decisiones individuales y más aún a nivel grupal.

La visión racionalista – positivista – cartesiana, ha dominado el sistema de pensamiento de la civilización occidental desarrollando el análisis, el juicio y la argumentación. El racionalismo en el mundo moderno asume que para cualquier problema de toma de decisiones existe una solución óptima precisa y que es posible encontrarla razonando respecto al problema y modelándolo adecuadamente.

Un supuesto subyacente en esta visión es la tangibilidad de las variables y atributos que inciden en la toma de decisiones. La teoría tradicional de evaluación de proyectos, se enmarca básicamente dentro de la tradición racionalista, en efecto, hemos supuesto siempre que los individuos maximizan su utilidad y la sociedad maximiza el bienestar social, que podemos conocer toda la información, o al menos la mayor parte, necesaria para la toma de decisiones y que la tangibilidad de esta información nos permite medir todos los costos y

beneficios para llegar a un criterio único que nos permite tomar la decisión en forma racional.

El “pensamiento lateral” comenzó en la década de los 80, motivado en parte por la creciente influencia y éxitos de Japón en la economía mundial durante esa época. Realizando un contraste de este enfoque con el paradigma racionalista, podemos observar que el pensamiento lateral da cuenta de la intangibilidad de muchas de las dimensiones relevantes para el proceso de toma de decisión, incorpora como dato que el proceso de toma de decisión no necesariamente es racional bajo las definiciones antes señaladas, en la medida de que factores subjetivos que el tomador de decisiones no es capaz de reconocer ni explicitar aspectos que inciden fuertemente en la decisión final, y por último, reconoce que la racionalidad varía de una persona a otra y de un grupo a otro.

La teoría de la decisión puede orientarse en dos direcciones distintas. Una es la orientación que suele denominarse positiva (y que tal vez sería mejor denominarla empírica) que consiste en la elaboración de una serie de constructos teóricos y articulaciones lógicas que pretenden explicar y predecir el comportamiento de los agentes decisores reales. Otra orientación que suele denominarse normativa comienza por definir la racionalidad de los agentes económicos en base a una serie de supuestos justificables intuitivamente. Seguidamente se realizan una serie de operaciones lógicas para deducir el comportamiento óptimo de los agentes decisores como aquel que es compatible con la racionalidad previamente establecida. El enfoque positivo corresponde a una filosofía de cómo son o cómo se comportan, mientras que el enfoque normativo corresponde a una filosofía de cómo deben ser o cómo deben comportarse, los centros decisores. (Romero C. 1993)

Para efectos de la evaluación de inversiones, este cambio de paradigma implica al menos incluir en la toma de decisión los aspectos no cuantificables, identificar aspectos subjetivos involucrados en la toma de decisión e incluir las distintas visiones y objetivos de los agentes. A modo de ejemplo, significa considerar en la toma de decisión aspectos tales como correlación de fuerzas entre grupos, intereses no declarados de los agentes, participación de los beneficiarios y restricciones socio-culturales entre otras. (Contreras, E., 2001)

### **3.3.5.2.- Técnicas de decisión multicriterio**

A pesar de ser el enfoque económico uno de los más extendidos en la evaluación de proyectos, éste no suele ser apropiado cuando se trabaja con aspectos intangibles difícilmente cuantificables desde un punto de vista económico.

Como ya se ha mencionado, la "Teoría de evaluación Multicriterio" comprende un conjunto de teorías, modelos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, aplicable no sólo al análisis de inversiones sino a una amplia gama de problemas en la gestión tanto privada como pública tales como: determinación de sitios para trasbordo de mercancías en transporte terrestre, análisis de posicionamiento de marcas en el mercado, análisis de localización de aeropuertos, medición de percepciones de clientes y selección de tecnologías, entre tantas otras.

Destacan las tres aproximaciones más extendidas en el campo de la Decisión Multicriterio Discreta: La Teoría de Utilidad Multiatributo ("MAUT") basada en los trabajos de Keeney y Raiffa (1976); El proceso Analítico Jerárquico (AHP) basado en los trabajos de Thomas L. Saaty (2000), y las técnicas de superación "outrankings", basadas en los trabajos de Bernard Roy (1969, 1985).

Se entiende por Técnicas de Decisión Multicriterio el conjunto de herramientas y procedimientos utilizados en la resolución de problemas de decisión, en los que intervienen diferentes criterios, generalmente en conflicto.

### **3.3.5.3.- Clasificación de técnicas multicriterio**

Fijándose en el flujo de información existente entre dos de los actores más destacados del proceso de toma de decisiones, el analista y el decisor (Moreno- Jiménez, 1989), las técnicas multicriterio pueden clasificarse en:

1. Técnicas sin información a priori o generadoras: Son aquellas en las que el flujo de información va desde el analista al decisor. Entre estas técnicas destacan: el método de ponderaciones, el de la  $\epsilon$ -restricción y el simplex multicriterio.

2. Técnicas con información a priori: El flujo de información es en el sentido contrario, del decisor al analista.
3. Dentro de este grupo de técnicas se suele hacer otra distinción, según el número de alternativas que tenga el problema: finito o infinito. Si el conjunto de alternativas es infinito se suelen aplicar aproximaciones basadas en optimización, en las que se supone que los distintos objetivos pueden ser expresados en un denominador común mediante intercambios. Destacan en este apartado los métodos de Programación por Compromiso o Programación por Metas. Si el conjunto de alternativas es discreto, hacemos la siguiente diferenciación:

- I. Métodos de Agregación: En este tipo de Métodos se modelizan las preferencias a través de una función valor:

- Directos: Teoría de Utilidad Multiatributo (MAUT).
- Jerárquicos: Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

- II. Métodos basados en relaciones de orden: Se modelizan las preferencias a través de un sistema de relaciones binarias:

- Métodos de Superación (MS)

4. Técnicas en las que el flujo de información es en los dos sentidos, dando lugar a las denominadas técnicas interactivas. Dentro de este conjunto de métodos, los más utilizados han sido: STEM y Método de Ziots-Wallenius. En la actualidad, casi todos los métodos pueden considerarse dentro de este último grupo, bastando para ello que el decisor revise sus juicios dentro del proceso de toma de decisiones.

Respecto de los tres métodos discretos mencionados anteriormente, se puede indicar que, a pesar de los duros enfrentamientos que han tenido los respectivos seguidores, recientemente se está buscando la integración de las mismas, o por lo menos, la integración de las dos técnicas consideradas de la escuela americana (MAUT y AHP).

Aquellos problemas en los que el conjunto de alternativas es finito, además de discreto y, cuya decisión se basará en las diversas características o atributos de las alternativas respecto de los criterios de decisión relevantes, se llaman Decisión Multicriterio Discreta y les son aplicables algunos de los

métodos de la Decisión Multiobjetivo. No obstante existen para ellos métodos específicos como el AHP, entre muchos otros.

A grandes rasgos, el proceso de Análisis Multicriterio consiste en los siguientes pasos:

- I. Definición de alternativas. Al igual que en el análisis coste-beneficio, la primera fase del proceso multicriterio es la definición de alternativas, y analizar el grado de cumplimiento de los objetivos en cada una de ellas.
- II. Fijación de objetivos y criterios. En la segunda fase hay que establecer los objetivos que se quieren alcanzar, cuyo cumplimiento va a ser objeto de evaluación. Además hay que determinar los criterios más adecuados para medir la consecución de los objetivos. Los criterios deben ser lo más claros posibles y tienen que ser independientes para no caer en la doble contabilidad de efectos.  
Por último hay que definir unos indicadores que midan objetivamente los criterios. Estos indicadores pueden ser: un número, una apreciación cualitativa o el orden otorgado con relación a los demás.
- III. Ponderación de cada criterio de análisis. Mediante un consenso entre político y técnico (hay distintos métodos, pero se suele emplear el método DELPHI) se ponderan los criterios de manera que al final estén ordenados jerárquicamente en función de la importancia que se le da a ese criterio para conseguir los diferentes objetivos.
- IV. Valoración de cada alternativa para cada criterio. Esta fase pretende medir, para cada una de las alternativas, el grado de cumplimiento de cada criterio. Para este fin se pueden emplear dos técnicas diferentes:
  - Técnicas Duras, cuando son necesarias las valoraciones numéricas o cuantitativas.
  - Técnicas Blandas, cuando bastan valoraciones cualitativas o de preferencia Relativa.
- V. Agregación de las valoraciones individuales de cada criterio. En esta última fase se pretende realizar la agregación de los criterios individuales en un único valor para así obtener la alternativa más interesante globalmente, así como una lista con las diferentes opciones ordenadas de mayor a menor. Los métodos de agregación empleados son variados y cada método multicriterio emplea un mecanismo distinto de agregación.

### **3.3.6. Comparación de técnicas de coste-beneficio versus análisis multicriterio**

Las técnicas de análisis de coste-beneficio y de análisis multicriterio son comparables en la medida en que aplican una métrica a cada uno de los impactos medidos para transformar los valores multidimensionales de esos impactos en una escala unidimensional de manera que los resultados se puedan comparar y resumir mediante una función de utilidad multiatributo (Gühnemann, A., 1999).

A pesar de esta similitud, existen bastantes diferencias entre los dos métodos. Entre ellas, la más destacada es que en el análisis coste-beneficio el analista atribuye pesos a varios objetivos y es responsable de la agregación de los efectos del proyecto, mientras que en el análisis multicriterio el decisor es el que asigna los pesos a los objetivos y además está involucrado en la fase de evaluación final (ECMT, 2001). En este aspecto también coincide el autor anterior (Gühnemann, A., 1999), afirmando que en el análisis multicriterio los impactos bien se ponderan por los decisores o bien se dejan en un formato desagregado sin ponderar; por otro lado, expone que en el análisis coste-beneficio es necesario tomar las decisiones no a partir de las preferencias individuales de un responsable sino fundadas en un sistema de valoración socialmente aceptado. (Cascajo R. 2004)

*“La principal diferencia entre los dos métodos de evaluación es que en el CBA el analista atribuye pesos a varios objetivos y es responsable de la agregación de los efectos del proyecto, mientras que en el análisis multicriterio el decisor es el que asigna los pesos a los objetivos y además está involucrado en la fase final de la evaluación.” (Seminario de Naciones Unidas ; Inversión en el Transporte Internacional, 1987)*

El análisis coste-beneficio se considera como el método clásico de evaluación económica, aunque cada vez los objetivos son más complejos y más difíciles de monetizar (Izquierdo, 1996). Las mayores ventajas del análisis coste-beneficio son que permite comparar las diferentes alternativas de un proyecto de acuerdo con un solo indicador, y que tiene en cuenta las opiniones de la sociedad, de manera que se puede considerar un método más objetivo que el

análisis multicriterio, que apenas tiene en cuenta las opiniones de la sociedad y sin embargo cuenta en gran medida con los puntos de vista y las opiniones de los decisores. (Cascajo R. 2004)

Las ventajas del los modelos multicriterio son que permite la combinación de datos cuantitativos y cualitativos, y además permite el análisis conjunto de los costes ambientales y financieros en el área del transporte, especialmente cuando los costes ambientales no se pueden valorar en términos monetarios (Cascajo R. 2004, TRANS-TALK, 2000).

En cuanto a las desventajas, para el análisis coste-beneficio el problema se encuentra en la interpretación y definición de los valores de mercado, la valoración de impactos cualitativos, que no tienen valor de mercado, la elección de la tasa de descuento, etc.

Las metodologías que se basan en el análisis de costo-beneficio están muy desarrolladas en relación a la valoración de algunos efectos y, aunque los valores difieren entre países, hay un amplio consenso de que la metodología debe ser la base para la evaluación del proyecto. Algunos países han empezado a trabajar ampliando la evaluación añadiendo datos del análisis multicriterio. Este es claramente el método más progresista para cubrir todas las facetas necesarias en la toma de decisiones. La idea de combinar el análisis de coste-beneficio con otros datos no es nueva, y muchos países han desarrollado manuales sobre estudios de viabilidad de proyectos. (Cascajo R. 2004)

Hoy en día, existen aplicaciones de modelos de optimización de la localización de sitios mediante técnicas multicriterio que se respaldan en sistemas de información geográfica. De acuerdo a lo argumentado por Malczewski J. y Ogryczak W. (1990) en su artículo "The multiple criteria location problem: Preference-based techniques and interactive decision support" se puede concluir que hoy en día se requiere una integración de enfoques de decisión de múltiple criterio con las capacidades de los sistemas de información geográfica. Ya una década atrás, esta propuesta se reconoció como una de las áreas más importantes para investigaciones futuras.

Un sistema de información geográfica normalmente se enfoca en la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, y despliegue de datos geográficamente referenciados y sólo se asume en forma implícita un apoyo a la toma de decisiones espacial a través de operadores de modelación analíticos. Las capacidades del despliegue de los sistemas de información geográfica típicamente proporcionan al usuario varias técnicas que pueden usarse para visualizar el problema y la solución en el espacio de decisión. Es decir, una vez que el problema se ha resuelto por las técnicas de múltiple criterio, los resultados que no son otra cosa que las variables de decisión, pueden desplegarse como consecuencia de un paquete cartográfico. La mayoría de los sistemas de los sistemas de información geográfica disponibles no tienen las capacidades para dirigir la solución a los problemas de localización multicriterio, simultáneamente en el espacio de decisión y espacio de criterio. Una aplicación del sistema de información geográfica para abordar un problema de localización multicriterio exige la compenetración sustancial del usuario para enlazar los componentes analíticos del problema de decisión por múltiple criterio con las técnicas de despliegue cartográficas disponible en los sistemas de información geográfica.

Sólo algunos sistemas de información geográfica se desarrollaron pensando en las técnicas de toma de decisión por múltiple criterio, como ser IDRISI y algunos módulos de los sistemas ARC/INFO y TransCAD GIS, que incluyen comandos de apoyo para modelos de localización y asignación en la selección y análisis de sitios (ESRI, 1987.; Caliper Corporation, 1990). Es de esperar que un mayor número de sistemas de información geográfico incorporen los módulos de toma de decisiones de múltiple criterio.



### **3.4.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO Y APLICACIONES ESPACIALES**

El nombre de "Sistema de Información Geográfica" (SIG) se origina en la década de los sesenta, en Canadá. Un SIG es, en esencia, un Sistema de Gestión de Bases de Datos Gráficas y Alfanuméricas vinculadas entre sí.

El National Center for Geographic Information and Analysis de los Estados Unidos ofrece la siguiente definición: *"El SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión"*.

Los SIG permiten combinar mapas con datos, ya sean demográficos, socioeconómicos, urbanísticos, físicos bióticos o no bióticos, etc., localizando los datos en los puntos correspondientes del territorio, lo que suele denominarse información georreferenciada. Además, mediante un Sistema de Información Geográfica, los datos pueden superponerse, sumarse y combinarse de muy diferentes maneras.

#### **3.4.1.- Métodos basados en sistemas de información geográfica**

Los tipos de SIG se identifican a través de la forma en que los datos se combinan, manipulan y despliegan. Hay dos tipos de estructuras, dependiendo del tipo de tratamiento interno de la información en el sistema: raster y vectorial.

La estructura raster supone la división del espacio geográfico en un conjunto ordenado o malla de celdas (cada una de ellas se denomina pixel), cuyos valores representan medias ponderadas de la intensidad de un fenómeno sobre las correspondientes áreas de un espacio real. Cada celda se identifica por un sistema de referenciación en filas/columnas.

En el modelo vectorial, el espacio geográfico tiene un carácter continuo que cumple los postulados de la geometría euclídea. En él la información real se representa mediante puntos, líneas o polilíneas o polígonos, que delimitan los

bordes de una superficie, estableciendo un sistema de coordenadas (x,y) para localizar cada objeto espacial en una capa.

- Los objetos puntuales, se definen mediante un par de coordenadas x,y.
- Los objetos lineales se definen mediante las coordenadas x,y de los extremos y un sentido.
- Las superficies suelen ir acompañadas de un centroide.

Las aplicaciones que consideran las características espaciales de los datos geográficos, tanto si lo hacen de forma independiente como si integran los atributos o componentes temáticos ligados a ellas, son conocidas como “funciones de análisis espacial”. Entre ellas destacan las operaciones que integran componente espacial y temática de los datos en el mismo proceso, ya que es este conjunto de operaciones el que diferencia a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de los Sistemas de Cartografía Automatizada (AM) o de los sistemas de Diseño Asistido por Ordenador (CAD) (Barredo, 1996).

La información espacial contenida en un mapa o en una imagen gráfica se organiza de forma lógica, separada por temas, para ser almacenada en el SIG mediante un conjunto de capas de información o niveles temáticos. Cada capa contiene todos los objetos espaciales, junto con sus relaciones topológicas y sus atributos descriptivos asociados, que pertenecen a la variable temática representada en dicho nivel de información (geología, hidrología, red viaria, etc.)

La función de superposición abarca tanto la superposición espacial de los objetos como el resultado temático producto de la intersección, en la que los atributos pueden obtenerse también a través de operaciones aritméticas entre los atributos originales (sumas, diferencias, multiplicaciones, etc.).

En otros términos, las aplicaciones que proporciona un SIG para realizar mediciones espaciales (Barredo, 1996) son:

- En estructura vectorial: distancias entre puntos, longitud de líneas, perímetros y áreas de polígonos.
- En estructura raster: distancias euclidianas, análisis de proximidad y mediciones espaciales (áreas, perímetro y forma).

En ambas modalidades se puede efectuar tres operaciones básicas que dan a lugar a realizar las aplicaciones a temas específicos. Estas operaciones corresponden a:

1. Operaciones de vecindad: Especificando un tipo de objeto espacial con un atributo conocido se determinan y evalúan las características de cuántos y cuáles objetos de las capas se encuentran en su interior o son colindantes, se intersectan (líneas) o coinciden (puntos). Otra posibilidad que ofrece la aplicación es la generación de áreas de influencia para determinar proximidad espacial (por ejemplo, los objetos espaciales localizados a menos de 50 m, 100 m, etc.) respecto de un punto, línea o polígono que se tome de referencia.
2. Operaciones de conectividad: Basan sus procedimientos en la acumulación de valores referentes a los objetos de la capa en la que se ejecutan. Son aplicaciones como medidas de contigüidad, proximidad, redes, intervisibilidad, iluminación y perspectiva de visión.
3. Modelado cartográfico y espacial: El modelado cartográfico y espacial consiste en utilizar las posibilidades que ofrecen las aplicaciones básicas del SIG que permiten, mediante secuencias lógicas, junto con la información externa al SIG y juicios de valor, resolver problemas espaciales complejos (como, por ejemplo, los relativos a la localización de actividades).

### **3.4.2.- Uso de los Sistemas de Información Geográfica**

Los SIG se utilizan en tareas de análisis territorial, para la gestión y representación de los datos sobre el territorio, como para otras tareas más complicadas, dirigidas a otras fases de la planificación: generación de alternativas, generación de escenarios, búsqueda de rutas, corredores, localización de actividades, ayuda a la toma de decisiones, etc.

- En paralelo, los mapas temáticos y otras aplicaciones que puedan derivarse de ellos, mediante las operaciones adecuadas (superposición, búsqueda de localizaciones o corredores de menor impacto, etc.), contribuirán decisivamente a una mejor localización de

actividades sobre el territorio. Esta es una aplicación bastante desarrollada, ya que es la más inmediata por la propia configuración de estos sistemas.

- Resulta, así, sencilla la elaboración de mapas "agregados" o "compuestos", donde se integren las clasificaciones de calidad o fragilidad de las diferentes zonas y originando mapas de orientación de usos del suelo sobre el territorio útiles para las primeras fases de localización del proyecto, primero, y para la planificación y gestión de la obra y el funcionamiento después.
  
- La localización espacial de los puntos de comprobación o medida y de la evolución de los diferentes aspectos del proyecto daría lugar a interesantes superposiciones con las características físico-naturales o socioeconómicas del territorio, lo que podría, a su vez, contribuir a la evaluación de aspectos que hoy no se consideran de la interacción proyecto-entorno.

La búsqueda de lugares de menor impacto, de corredores de menor impacto, etc., está siendo facilitada enormemente por este tipo de herramientas. En España, existen ya variadas experiencias.

Donde reside la clave del desarrollo de estos procedimientos es en el establecimiento de criterios para la pre-selección de corredores. Algunos son obvios, como el de evitar zonas protegidas, pero no siempre éstas se pueden evitar y no siempre el criterio está tan claro. Es necesario avanzar en la profundización de este camino.

El uso de los SIG en etapas de mayor detalle del proyecto podría dar lugar al nacimiento de metodologías con aplicaciones más ricas que contribuyeran al perfeccionamiento y a la optimización del trazado, no sólo desde el punto de vista técnico, sino también ambiental.

### **3.4.3.- Ventajas de los Sistemas de Información Geográfica**

- Capacidad de almacenamiento (varios niveles: público, institucional).
- La data se almacena y se presenta de manera independiente, esto quiere decir que las bases de datos (datos, cuadros). Por otro lado, resulta de importancia señalar que la digitalización de las características de nuestro relieve o variable a trabajar (tsm, dinámica de las zonas marino-costeras, nutrientes, salinidad, entre otras).
- Manejo de la información, ya sea para la elaboración de las investigaciones o en su defecto para la actualización de la información, empleando las metodologías usualmente manejadas en todo SIG.
- Lo más importante radica en la habilidad del administrador para establecer la comunicación entre la data espacial y sus identificadores (ID) a fin de obtener su mejor utilización y manipulación.
- El desarrollo del análisis espacial, multidisciplinariamente nos permitirá elaborar diversos modelos de desarrollo en favor de nuestra gestión.

### **3.5.- PROCESO ACTUAL DE EVALUACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS EN CHILE**

El proceso de toma de decisiones relacionados con la localización de infraestructuras portuarias, tanto en Chile, como en otras naciones, sobretodo en aquellas que fueron colonizadas por culturas occidental europea, se basaron en los mismos aspectos. La mayoría de las localizaciones de los actuales puertos fueron heredadas de sus respectivas colonizaciones. Como se demuestra en recopilaciones históricas, (Ercilla 1998), la mayoría de las decisiones de desarrollar alguna actividad portuaria comenzando por recalar las naves, en las respectivas localidades, obedecen a la cercanía a un poblado incipiente cuyos colonos e indígenas asentados en ese lugar llegaron vía terrestre, las condiciones de abrigo del viento y oleaje así como las condiciones de profundidad del subsuelo acuático en el sitio elegido para desembarcar.

Muchos de estos lugares en el borde costero, como es en el caso de Chile, son playas en bahías que en la época hispánica ya eran utilizados por los indígenas con pequeñas naves que requerían para la recolección de moluscos, pesca y posterior transporte acuático de sus alimentos a lugares cercanos.

Años después, en la era colonial, esta actividad creció debido al transporte de víveres y productos básicos que se obtenía en las zonas contiguas al lugar de embarcadero, en que el embarque de productos se hacían desde la orilla a la nave con balsas fabricadas por lo indígenas con flotadores de piel de lobos marinos. En 1841 se dicta en Chile el primer reglamento sobre movilización, aforo y almacenaje de mercaderías en los puertos. iniciándose de esta forma un nuevo impulso al mejoramiento de infraestructura pública, entre ella, portuaria. Tan sólo hace medio siglo, se creó la Empresa Portuaria de Chile (EMPORCHI) que impulsó el desarrollo de los puertos públicos.

El puerto público de creación más reciente es el Puerto de Chacabuco, cuyo lugar ya estaba predeterminado por ser lugar protegido en los archipiélagos del sur de Chile y en la costa más cercana del pueblo de Chacabuco. Considerando la historia de los puertos públicos chilenos, sintetizados en la cuadro siguiente, podemos observar que las decisiones de su emplazamiento básicamente responden a satisfacer requerimientos de transporte a una

población cercano y a las condiciones de abrigo, generalmente en bahías o puertos naturales.

**CUADRO 3-1**  
**AÑO FUNDACIÓN Y EPOCA DE EXISTENCIA DE LOS PUERTOS PÚBLICOS DE CHILE**

NOMBRE PUERTO	REGION	AÑO	EPOCA EXISTENCIA
Puerto de Arica	Primera	1541	Caleta precolonial
Puerto de Iquique	Segunda	1828	Caleta pesquera precolonial
Puerto de Antofagasta	Tercera	1869	Caleta Chamba precolonial
Puerto de Coquimbo	Cuarta	1543	Época colonial
Puerto de Valparaíso	Quinta	1536	Época colonial
Puerto de San Antonio	Quinta	1590	Época colonial
Puerto de Talcahuano	Octava	1764	Época colonial
Puerto de San Vicente	Octava	1764	Época colonial
Puerto de Puerto Montt	Novena	1853	Inicio de Independencia
Puerto Chacabuco	Décima	1940	Era moderna
Puerto de Punta Arenas	Décima	1520,	Época colonial

Fuente : elaboración propia

Además, existen algunos puertos de carácter privados que se han localizados en bahías de aguas tranquilas cercanas a centros productivos, como ser las mineras en el norte de Chile y otros terminales especializados en subproductos forestales en la zona de mayor población y actividad maderera en el centro sur, como ser el caso de Lirquén.

La costa de Chile es un buen ejemplo de los modelos de Bird, Taafe y Rimmer como Verlaque descritos en los puntos 3.2. Así, a lo largo de los cuatro mil quinientos kilómetros desde el norte hasta el sur de Chile se emplazan en total sesenta y tres puertos y embarcaderos, tanto comerciales, militares, terminales dedicados a sectores productivos y puertos pesqueros de envergadura industrial como artesanal. De esta cantidad, diez son de dominio público los cuales en la actualidad integran la lista de aquellos de mayor movimiento de carga.

Tal como se explicó en el punto 3.3, la gestión y operación de los puertos de dominio público se han traspasado al sector privado mediante procesos de concesión. Con toda seguridad este obliga a modificar la metodología de evaluación de la localización de un nuevo puerto. Debido a la característica de la

inversión privada, los intereses difieren a los intereses de inversión pública. Sin embargo, aspectos que afecten tanto positivamente como negativamente en la sociedad, deben ser considerados, no tan sólo en aspectos ambientales, sino que otros aspectos que sean de interés del sector privado propietario del capital como de la comunidad contingente.

En las décadas anteriores los puertos chilenos estaban administrados por la Empresa Portuaria de Chile, es decir, pertenecientes al sector público. Por lo tanto, las evaluaciones de ampliación de puertos, así como las de construcción y operación de nuevos puertos se realizaban bajo la metodología utilizada por la Oficina de Planificación Nacional (ODEPLAN) que consiste básicamente en efectuar evaluaciones sociales.

La práctica de la evaluación social de proyectos en Chile, ha estado centrada en la evaluación coste beneficio bajo el enfoque de eficiencia, y en bienes y servicios en los que existen mercados observables. (Contreras op.cit.)

El problema básico de la planificación de inversiones públicas aborda la asignación de recursos económicos, generalmente escasos, a una diversidad de posibilidades de acción para obtener los objetivos deseados. En esta situación se debe encontrar la combinación de actividades más conveniente para la mejor consecución de los objetivos.

En materia de inversión pública la administración del Estado de Chile, dispone de una organización institucional de tipo funcional, descentralizada territorialmente, en la que interactúan una gran cantidad de instituciones que participan en el proceso de transformación de las ideas de inversión. La institución que está encargada de realizar las evaluaciones es la Oficina Nacional de Planificación (ODEPLAN, 2001).

Una de las últimas evaluaciones realizadas en la zona central de Chile la efectuó ODEPLAN en conjunto con otras instituciones especializadas en este tipo de estudios. A continuación se presenta la metodología utilizada en dicha evaluación.



**3.5.1.- Metodología de evaluación efectuada en la región central de Chile.**

Se describe la metodología utilizada en un estudio efectuado en 1987 por ODEPLAN, la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile. Este corresponde a una evaluación a nivel de prefactibilidad para determinar la conveniencia para el país de ampliar el sistema portuario de la época, a través de un análisis de los costes y beneficios sociales de las distintas alternativas de localizar un nuevo puerto o ampliar algunos existentes, con el fin de satisfacer la futura demanda en dicha región. Este trabajo se efectuó con el fin de proporcionar información a los responsables de tomar las decisiones respecto a mejorar el uso de recursos públicos de inversión perteneciente a EMPORCHI, Empresa Portuaria de Chile, disuelta en 1998.

La evaluación contempla a los puertos de la octava región, San Vicente, Talcahuano y Lirquén, en la décima región el puerto de Puerto Montt y un puerto nuevo en la Bahía de Corral en la novena región. Fueron evaluados considerando sus efectos en las tres regiones. Uno de los aspectos más relevante es haber hecho el estudio en un contexto de un sólo estudio portuario, analizando las interrelaciones y efectos entre los puertos a analizar.

La metodología tradicional es comparar la situación sin proyecto (SP) con la situación con proyecto (CP), midiendo costes y beneficios en cada caso. En la situación con proyecto, se analizó diferentes programas de inversión en el tiempo, cuyo óptimo se seleccionó empleando el criterio de maximizar el valor actual neto de los beneficios sociales. Se calcularon los costes totales de exportación para cada año y por cada instalación portuaria (costes de transporte terrestre, costes de estadía y espera de las naves, y coste de transporte marítimo), se asignó la carga a aquella instalación cuyo coste de transferencia era mínimo.

La metodología de evaluación económica de proyectos de ampliación de la capacidad del sistema portuario, se basa en la comparación de las situaciones con y sin proyecto para cada alternativa analizada, con el objeto de determinar los beneficios y costes atribuibles al proyecto con los años de vida del mismo.

### **3.5.1.1.- Identificación de beneficios y costes sociales de un proyecto de ampliación de capacidad portuaria**

#### **a).- Beneficios**

##### **i).- Disminución del tiempo de estadía de las naves en el puerto**

El congestionamiento de un puerto se detecta básicamente a través del tiempo de espera de las naves a la gira y del nivel de utilización de los sitios de atraque.

La suma del tiempo de espera y de servicio de una nave en un puerto (STAT) constituye un indicador que incide directamente en los costes de operación de los barcos y sirve de referencia en la fijación de los fletes marítimos. Así al aumentar el STAT se incrementan los costes de los fletes pagados por los usuarios. La pérdida que realmente tiene el país por efecto de la congestión depende fundamentalmente de la nacionalidad de las empresas navieras, que pueden ser nacionales o extranjeras, de las características de gestión de las naves, sean éstas de línea (liners) o arrendadas (charter) y de la forma en que se negocien los fletes o arriendos.

##### **ii).- Disminución en costes de transporte terrestre**

Los ahorros de costes de transporte terrestre se producen debidos a que el proyecto brinda la posibilidad de atender las cargas que antes debían acceder al servicio portuario en instalaciones más lejanas o con carreteras menos expeditas.

##### **iii).- Aumento de cargas movilizadas**

Estas se generarían al reducirse los costes mencionados anteriormente, aumentando las condiciones para favorecer un aumento de las exportaciones, importaciones y el cabotaje de algunos productos. En este caso el beneficio social sería la diferencia entre los beneficios marginales sociales y costes marginales sociales de la carga adicional movilizada.

Las diferencias con la carga movilizada en la situación con o sin proyecto, se dan sólo en la distribución o asignación de las cargas transferidas a los subsistemas portuarios, no así en la cantidad, puesto que se considera que no se producen cargas inducidas o bien, no existe aumento en la disponibilidad de recursos, por la existencia de instalaciones portuarias adicionales en la situación con proyecto, de esta forma la carga potencial demandará servicios a distintos costes totales, como se aprecia en el gráfico 3-1.

#### b).- Costes

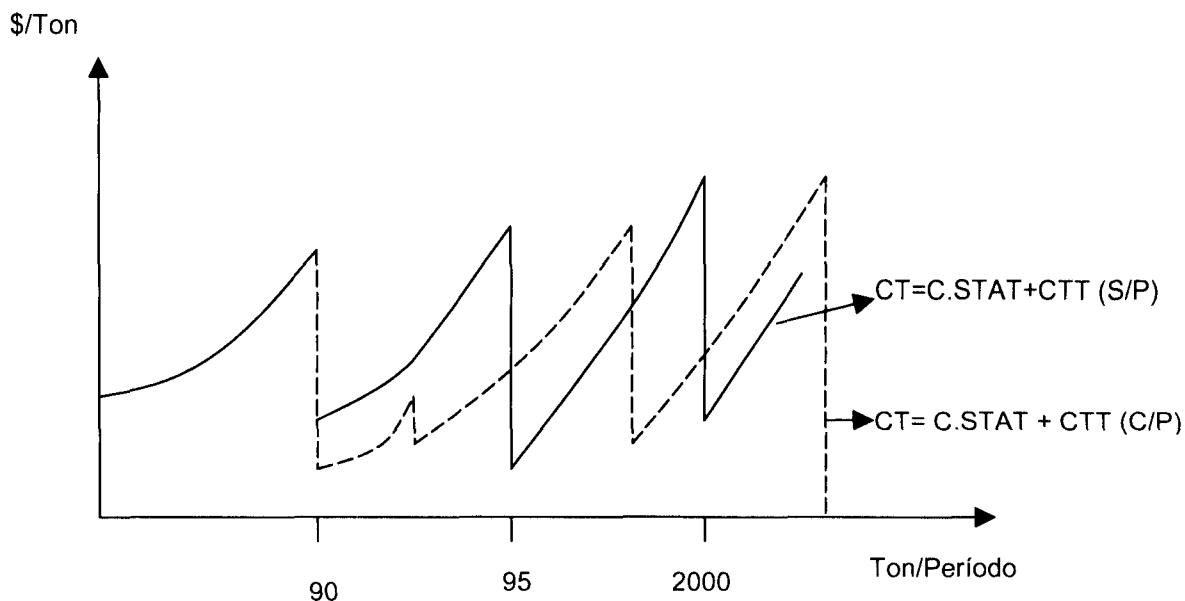
Los costes de un proyecto portuario están dados básicamente por las inversiones requeridas para lograr una mayor capacidad portuaria. El coste de estas inversiones debe valorarse a precios sociales.

#### c).- Costes marginales privados y sociales

El gráfico 3-2 muestra la curva de costes marginales privados (CMgP) para el usuario de la cadena de transporte terrestre desde el puerto y luego transporte marítimo.

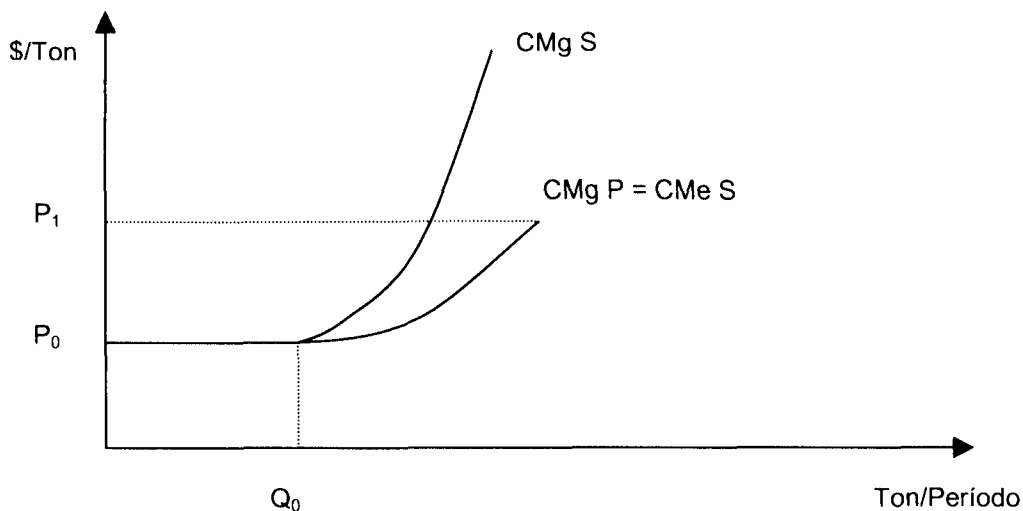
En el eje horizontal se mide para cada período el tonelaje total movilizado por el sistema portuario de la macro región central de Chile. En principio los costes marginales permanecen constantes hasta cierta cantidad  $Q_0$ , mientras que para niveles superiores de tráfico, éstos suben rápidamente producto de la congestión, lo que se traduce en naves a la gira, las que traspasan sus mayores costes a los usuarios vía tarifas.

**GRÁFICO 3-1**  
**COSTES TOTALES (CON Y SIN PROYECTO)**



Fuente: Evaluación Puerto Corral ODEPLAN

**GRÁFICO 3-2**  
**COSTES MARGINALES PRIVADOS Y SOCIALES**



La curva de los costes marginales privados subirá por el aumento del STAT desde un coste  $P_0$  hasta un coste  $P_1$ , el cual corresponde al coste de la mejor alternativa. Al existir congestión la curva de coste marginal privado corresponde a la curva de costes medios sociales ( $CMe S$ ), ya que el aumento

de costes provocado por cada tonelada adicional que ingresa al sistema no sólo afecta a ésta, sino que el recargo de tarifas se aplica al tonelaje total movilizado por el sistema, motivo por el cual la curva de costes marginales sociales (CMg S) sube bruscamente ante incrementos de tarifas producto del STAT.

### **3.5.1.2.- Medición de los beneficios y costes sociales del proyecto**

#### **a).- Disminución del STAT**

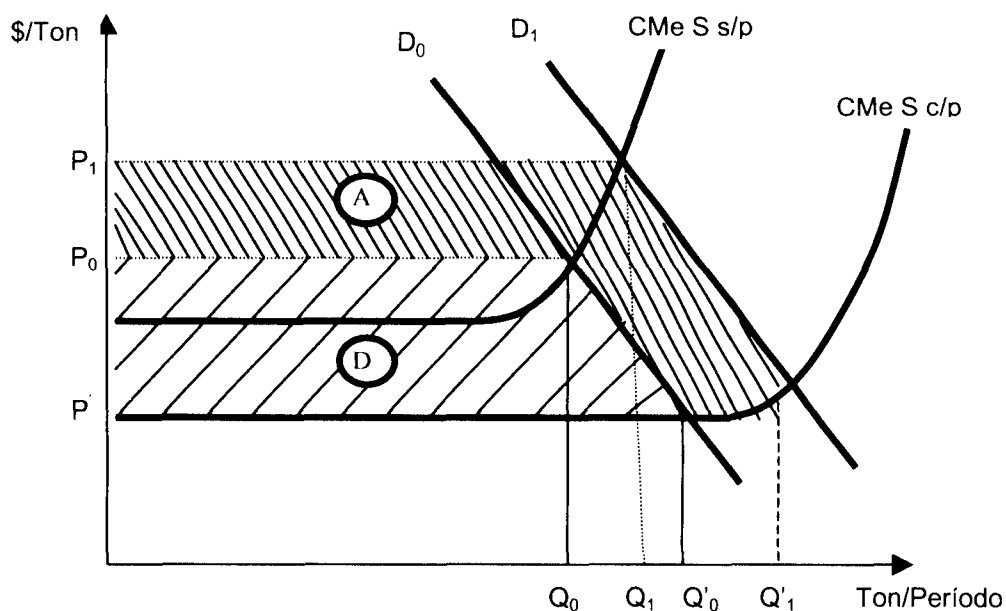
El congestionamiento de un puerto se determina a través de la oferta o capacidad portuaria y la demanda por servicios portuarios. El gráfico 3-3 muestra, para el caso más general, como aumentan los beneficios por concepto de ahorro de costes, al variar la demanda por servicios portuarios. La situación sin proyecto está representada por  $D_0$  y la situación con proyecto por  $D_1$ . La medición de los beneficios sociales por ahorro de costes de STAT, con el supuesto de que no existe demanda inducida en la región, plantea dos situaciones a saber:

##### **i).- Construcción de un nuevo puerto**

En este caso los beneficios por este concepto corresponden al menor coste de STAT que se produce en los puertos alternativos ocasionado por la carga desviada hacia el proyecto.

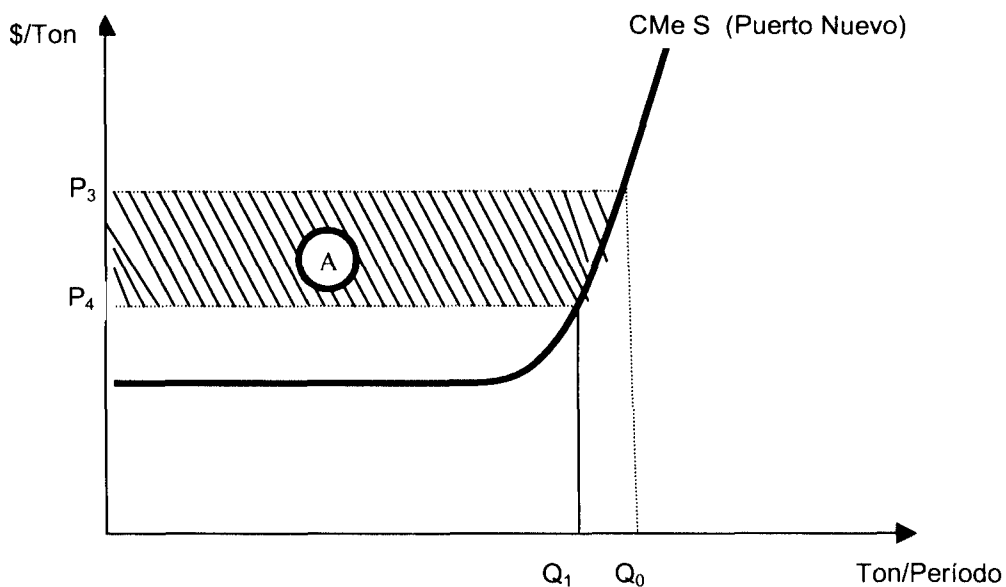
El gráfico 3-4 muestra la situación antes descrita, donde el área achurada representa el beneficio social indirecto atribuible a la construcción de un primer sitio en la alternativa de construir un puerto nuevo. Es importante considerar que esta situación ocasionará costes en la nueva instalación representada por el área bajo la curva de costes marginales privados.

**GRÁFICO 3-3**  
**BENEFICIOS DE UN PROYECTO DE AMPLIACIÓN PORTUARIA**



Fuente: Evaluación Puerto Corral ODEPLAN

**GRÁFICO 3-4**  
**BENEFICIOS SOCIAL INDIRECTO POR CONSTRUCCIÓN DE UN SITIO EN EL PUERTO NUEVO**



Donde:

$Q_0$  : carga transferida por los puertos existentes en la situación sin proyecto

$Q_1$  : carga transferida por los puertos existentes en la situación con proyecto

$Q_0 - Q_1$  : carga desviada de los puertos existentes al puerto nuevo.

ii).- Ampliación de una instalación portuaria en la región

Los beneficios sociales por reducción de costes de STAT corresponden a dos efectos:

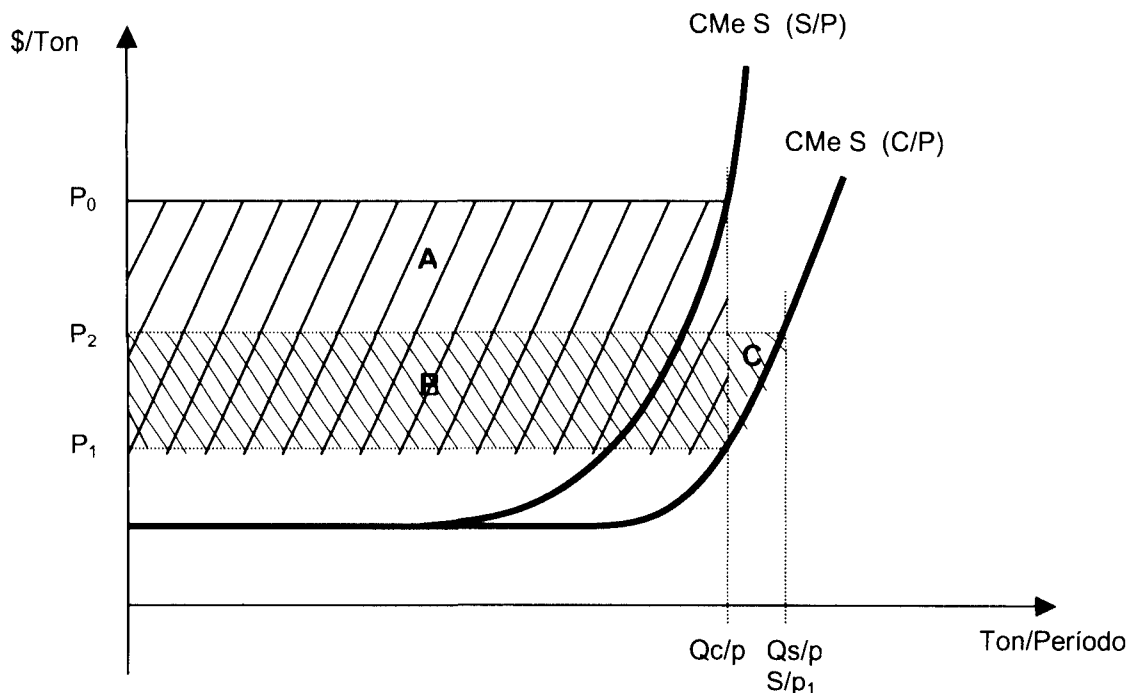
- Disminución de costes de STAT en la instalación que se amplía: En el gráfico 3-5 el área A más el área B representan este beneficio considerando que no existe demanda indirecta, es decir, la carga transferida por todos los puertos de la región, tanto en la situación sin proyecto como en la situación con proyecto, es la misma.
- Menores costes de STAT en los puertos alternativos: Debido a la carga transferida de estos puertos a la instalación que aumenta su capacidad.

Por otra parte, la carga desviada hacia la alternativa portuaria que se ha ampliado, causará en esa instalación un aumento del coste de STAT debido a esa carga y que en gráfico 3-5 se representa por el área B más el área C. Despreciando el triángulo del área C, el beneficio total debido a la ampliación de la capacidad portuaria queda representada por el área A más el área D representada en el gráfico 3-4.

También es importante en la evaluación socioeconómica la detección de los agentes que captan los beneficios, importando en último término que parte reciben los agentes nacionales y que parte los extranjeros, dependiendo del tipo de operación de las naves que operan en esos puertos, sean liners o charters y de su pertenencia o no a la marina mercante nacional.

Al ser la operación de las naves que operan en los puertos de esta región tipo charters, se considera la totalidad de los beneficios por ahorro de STAT, como beneficio del proyecto.

**GRÁFICO 3-5**  
**BENEFICIO SOCIAL DIRECTO POR AMPLIACIÓN**  
**DE UNA INSTALACIÓN PORTUARIA EN LA REGIÓN**



Fuente: Evaluación Puerto Corral ODEPLAN

### 3.5.1.3.- Costes de transporte terrestre

Análogamente al caso anterior, se analiza lo que ocurre en todo el horizonte de evaluación sin proyecto, lo que origina una determinada asignación de la carga. Al existir una alternativa portuaria más cercana a los centroides u origen de la carga, se generarán ahorros en los costes de transporte terrestre, los que serán beneficios de la alternativa portuaria seleccionada.

Existen diferentes medios de transporte para movilizar la carga, entre ellos está el modo rodoviario y ferroviario, se opta por utilizar la partición modal para cada producto, suponiendo que esta permanece en el tiempo.

Para la asignación de carga a las diferentes alternativas, se emplea los costes privados de transporte terrestre, motivo por el cual, para estimar los beneficios sociales por concepto de ahorro de transporte, se sigue el siguiente procedimiento:



Se determina el coste privado del transporte para camiones de dos y más ejes, para distintas velocidades y tramos con un factor de curvatura  $F.C.= 1$  y una rugosidad  $R = 2000$ , utilizando la adaptación del modelo del Banco Mundial.

Conforme a esta metodología, a los distintos componentes del coste del transporte, se le aplican las correcciones pertinentes de acuerdo a la transabilidad de los elementos que intervienen y utilizando factores sociales de conversión elaborados por ODEPLAN. Con estos antecedentes se calcula la razón entre costes sociales y privados, para los distintos tramos y velocidades, estableciéndose la siguiente relación:

Coste social de transporte vial = 0,91 del coste privado de transporte vial.

Para la determinación del coste social del transporte en ferrocarril se recurre al modelo utilizado siguiente:

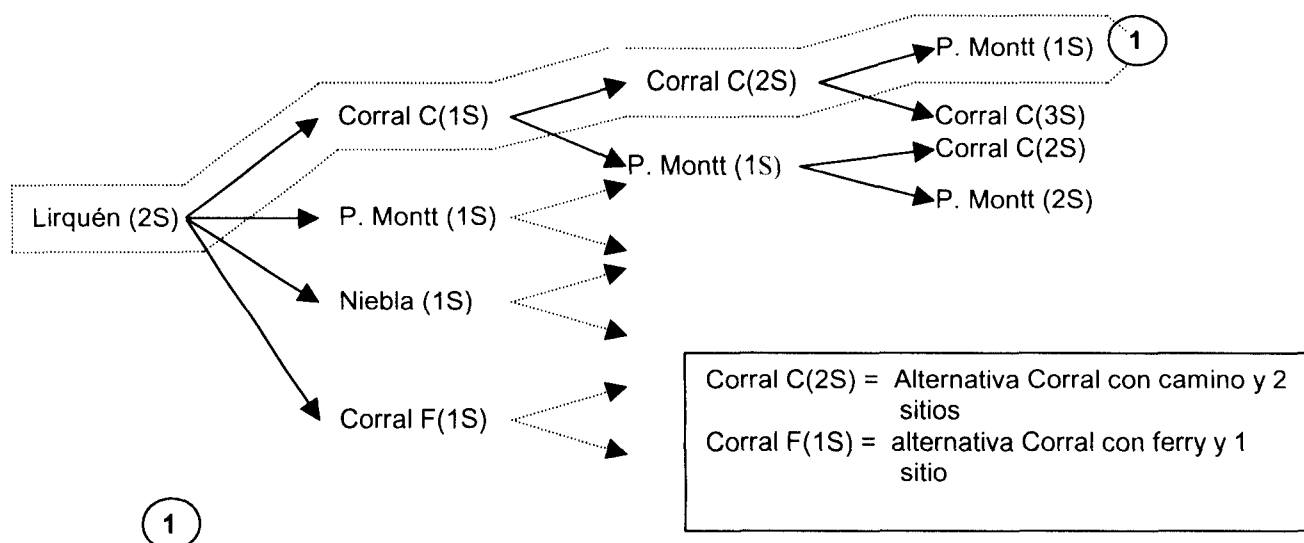
Coste social de transporte ferroviario = 0,90 del coste privado ferroviario.

#### **3.5.1.4.- Criterios de decisión**

La evaluación económica de los proyectos definidos se basa en la determinación del valor actual neto (VAN) de los distintos programas de inversión a partir del árbol de decisión que se muestra en la siguiente ilustración.

Cada programa se compara con la situación sin proyecto original, obteniéndose por diferencia los flujos pertinentes del programa, seleccionándose aquel que arroje el mayor Valor Actual Neto de los Beneficios Sociales.

El árbol de decisión a continuación, refleja la lógica del procedimiento de decisión para la evaluación de construir una nueva terminal en Corral, próxima a la ciudad de Valdivia, en la novena región de Chile.



**Programas : 1995: Construcción de dos sitios en Lirquén**

1998: Construcción de dos sitios en Corral a./  
2001: Construcción de un sitio en Puerto Montt

a./ En el año 1998, el beneficio marginal de construir un sitio adicional es mayor que la inversión marginal, multiplicado por la tasa de descuento

Dado que la demanda por servicios portuarios es siempre creciente en el horizonte de evaluación del proyecto y por ende los beneficios sociales, el criterio de decisión para la confección de cada programa de proyecto de inversión se basa en la determinación del momento óptimo de llevar a cabo cada alternativa. Para esto se utiliza el criterio de la tasa de rentabilidad inmediata (TRI), que define el momento óptimo cuando los beneficios sociales del primero período ( $B_i$ ) son iguales o mayores que el producto de la tasa de descuento social ( $T_i$ ) y el momento de la inversión respectiva  $I_j$ :

$$B_i \geq T_i * I_j$$

Los beneficios netos o flujos pertinentes se obtienen al comparar las alternativas propuestas con la situación sin proyecto, calculándose para cada una de ellas el momento óptimo de ejecución de las obras, generándose así nuevas situaciones sin proyecto, las que posteriormente a través de un proceso iterativo van conformando los distintos programas de inversión. Una vez que se determine la construcción de un sitio de ataque en cualquiera de las alternativas

propuestas, las otras dejan de ser pertinentes debido a que se estima no conveniente la operación de dos nuevos puertos en la zona.

Finalmente como las alternativas no son independientes se consideraron los distintos programas de inversión para determinar el mayor valor actual neto de los beneficios sociales (VANBS) que será el óptimo global.

El árbol de decisiones de inversión se origina a partir de los antecedentes recopilados respecto a la ampliación de la capacidad portuaria de la región. Este determina un programa de inversiones que minimiza el costo social del sistema portuario.

Cabe hacer notar, que esta actual metodología utilizada en Chile para evaluar alternativas de construir un puerto en determinado lugar, no considera factores que impliquen aspectos ambientales ni sociales, ni siquiera a nivel de impactos.

Otra metodología, como por ejemplo la española, que se describe en las Recomendaciones para Obras Marítimas (R.O.M.), las cuales señalan los criterios para evaluar una alternativa de localización para emplazar un puerto comercial, los cuales corresponden a aquellas que sean rentables, pero cumpliendo las normativas de seguridad e incorporando aspectos ambientales y sociales que sean monetarizables. De esta forma es posible adicionar los flujos de ingresos y egresos de dineros por período unitario de tiempo durante un horizonte de planificación equivalente, por ejemplo, a la vida útil de la infraestructura, de cada alternativa, si hubiere más que una, y seleccionar aquella más conveniente, de acuerdo a un criterio económico. Entonces, la metodología recomienda elegir aquella alternativa de localización para emplazar una terminal portuaria que contemple una envolvente del coste total combinada de estos factores monetarizables, entre otros, que sean más conveniente, cumpliendo con las restricciones de seguridad, ambientales y sociales.

En el próximo capítulo, se propone una metodología que aparte de involucrar fuertemente en el proceso de decisión, aspectos económicos, también considere aspectos sociales y ambientales, sobre todo, aquellos que aún no sea factible de monetarizar, pero que sí sean relevantes.

## **4: PROPUESTA DE NUEVA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS**

### **4.1.- INTRODUCCIÓN**

La toma de decisión en la planificación portuaria es un tema que involucra un sinnúmero de factores interconectados. El proceso de toma de decisión en planificación portuaria no es fácil, pero hoy en día, con apoyo de tecnología es posible construir herramientas capaces de apoyar a integrar variables y flexibilizar los procesos de acuerdo a condiciones específicas.

La planificación portuaria así como el diseño de ingeniería son los procesos fundamentales en el desarrollo y funcionamiento de un puerto. Una de las decisiones más importantes efectuadas por los gobiernos con respecto a los puertos son decisiones sobre el desarrollo estratégico y la operación de sus puertos. Al nivel de trabajo diario, tanto para puertos de propiedad pública o privada, la entidad administradora frecuentemente se enfrenta a la toma de decisiones de inversión y de mantenimiento fundamentadas en deliberaciones relacionadas con la planificación y diseño portuario.

Muchas veces, la planificación portuaria representa un problema desafiante para las partes responsables e interesadas. Tomadores de decisiones a nivel de nación o de comunidad, autoridades portuarias, gerentes de operación de puertos, asesores consejeros técnico especializados y muchos otros pueden contribuir conjuntamente a una decisión de desarrollo portuario. (Hayes J. 2001)

La metodología que en este apartado se propone para apoyar la evaluación de la localización de infraestructuras portuarias, se basa en un modelo de programación lineal cuya función objetivo represente minimizar el coste total combinado producto de la instalación y posterior operación de una obra de infraestructura portuaria. Este modelo de optimización considera todas aquellas alternativas propuestas de localización de un puerto y aquellas opciones de ampliación de un puerto. Cada alternativa considera los factores de interés involucrados que se sintetiza en un indicador económico que los monetice. Además, debe considerar aquellos factores de interés pero difíciles de ser monetizados. Es por ello, que resulta adecuado utilizar un modelo de

optimización que sea capaz de incorporar varios criterios en su función objetivo, es decir, un modelo de optimización de la localización de infraestructura multicriterio (MOLMC).

Primeramente se debe realizar una formulación matemática del modelo que represente la situación particular a optimizar. Para cuantificar las variables monetizables se utilizará el apoyo de algoritmos de cálculos cuyos procesos de resolución sean acelerados utilizando una aplicación computacional. Las variables a considerar son de carácter técnicas, económicas, sociales, ambientales y de opinión pública, tanto cuantificables como cualificables. Requerirá manejar gran cantidad de datos en forma integrada y sistémica. Es por ello que se apoyara en un sistema de gestión de datos geográfico o en sistema de información geográfico.

Este modelo pretende ser aplicable en el proceso de toma de decisión respecto a determinar, entre varias opciones, la mejor localización para instalar un puerto o realizar una ampliación de uno existente. En otras palabras, encontrar aquel sector del territorio que resulte ser más competitivo para operar un puerto, desde el punto de vista de interés privado como público.

## 4.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de la población mundial, acelerado en las últimas décadas, generó cambios de sorprendente dimensión al aparecer nuevos y voraces mercados en puntos no tradicionales de la tierra. Eso se reflejó velozmente en el ingreso de enormes masas humanas a la producción de bienes y a la exigencia de alimentos y mercaderías para su consumo. Los que ayer eran vaticinios de un empequeñecimiento que se describía como la "aldea global", hoy es una realidad contingente cuya presencia determina la aparición inexorable de problemas de elevado rango en materias políticas, sociales, económicas y ambientales. De ellas se desprenden también escenarios de conflictos de impredecible dimensión, a causa de la fuerte competencia que provocan los intereses adversarios que se manifiestan en todo orden de actividades.

La globalización, entre otras, tiene muchas expresiones, el comercio internacional, la integración cultural, las comunicaciones simultáneas en todo el globo terráqueo, las aperturas en las fronteras, pero uno de los más evidentes es el transporte en el mar que es más que requerido, por un proceso que le exige todos sus caracteres utilizables para beneficio de la especie humana.

El transporte, importante pilar de la globalización, ha facilitado la compra y venta de mercancías, materias primas y componentes en casi todos los lugares del mundo. En este contexto, el transporte marítimo ha desarrollado un importante papel en el intercambio de mercancías voluminosas y de valor relativamente bajo. Para 1999, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) estimó que el tráfico marítimo de mercancías alcanzó la cifra de 5.355 millones de toneladas. De esta cifra, el 42% correspondió a la carga transportada en buques tanque y el 24% al transporte, como carga seca a granel, de los principales productos básicos que, por lo general, no se transportan en contenedores.

Con lo indicado anteriormente, se puede deducir que los países cada vez más incrementarán su comercio exterior transportando sus mercancías por vía marítima. A su vez, esto implica que los gobernantes e inversionistas privados decidirán la realización de ampliaciones portuarias o la ejecución de proyectos de nuevas infraestructuras portuarias.

La realización de obras portuarias, sobre todo marítimas, involucra gran cantidad de recursos e influye fuertemente en las actividades desarrolladas en la zona en que se emplaza, incluso en reiteradas ocasiones, el alcance de la actividad generada llega a zonas retiradas de otras naciones.

Es por ello que la decisión de construir una infraestructura de esta envergadura en determinada comunidad, debe involucrar a los gobernantes del territorio en cuestión. Por lo tanto, este tipo de decisiones recaen en personeros de gobierno, quienes poseen la obligación política y moral de considerar entre otros aspectos, la opinión de los conciudadanos, con mayor razón, aquellos que serán afectados por la decisión en cuestión.

La relación ciudad puerto se centra en la superficie que constituye la interfase producida entre los frentes de atraque del puerto y la ciudad. Esta área intermedia no siempre se presenta dominada por el comercio marítimo ni industrias asociadas, pero es el foco atractivo para nuevos cambios en tecnologías, dinamismo urbano y de valores humanos, donde resulta ser el elemento común a estos cambios, el suelo y el uso que se le da. En variadas y continuas ocasiones este suelo se encuentra sujeto a presiones, como ser la competencia de múltiples potenciales usuarios, dominio de la jurisdicción gubernamental, innovación o desarrollo de usos o administración de recursos públicos en que insoslayablemente se involucra los valores sociales y la opinión pública a través de la percepción de la sociedad respecto al uso del suelo que se le está dando y que se le pretende dar. ( Hayes J. 2001 )

Desarrollo y preservación de este recurso finito que se aloja contiguo al mar, justo entremedio de las zonas de líneas de atraque y la ciudad, apetecido por muchos intereses, es el dilema de la relación ciudad puerto. La infraestructura portuaria conlleva a desarrollar una zona de encuentro entre el comercio, requerimientos portuarios y actividad social urbana. Por ello es imprescindible el entendimiento entre la actividad urbana y portuaria. Comprender el complejo y sensible vínculo entre estas actividades es requisito básico para la administración portuaria y la planificación urbana. La comprensión de estos roles antes de que se produzca, ayuda a una buena y moderna planificación portuaria y urbana generando las bases para que todo funcione en un ambiente armónico con buenas relaciones ciudad-puerto.

Con todo lo anterior, es obvio que considerar esta problemática que hoy en día comienza a suceder en muchos lugares, deba incorporarse en la toma de decisión, con mayor razón en que los involucrados en este proceso son los responsables de la generación de políticas que fomenten el progreso y el bienestar de los ciudadanos.

Por lo tanto, este trabajo está inserto en la disciplina de ordenación del territorio, en que el aspecto público y la participación de autoridades gubernamentales están fuertemente involucrados en la toma de decisiones de desarrollo de infraestructuras portuarias.

La complejidad de estos proyectos y el monto de los recursos a utilizar merecen realizar estudios que permitan aumentar la eficiencia de la toma de decisiones respectivas. El proceso de la toma de decisión de efectuar una inversión de esta índole es muy complejo debido a la gran conexión de los factores involucrados. Estos factores, que en su gran mayoría son de la clase socio – económicos, serán afectados una vez concretizada la decisión.

Los profesionales encargados de estos procesos requieren cada vez más, de apoyo tecnológico e ingenieril para realizar su trabajo, porque la influencia de sus resultados es muy sensible al desarrollo de un país.

Basado en lo anterior, se puede concluir lo esencial que resulta la construcción de herramientas ingenieriles basados en tecnología adecuada y moderna, que permitan apoyar la decisión de localizar en forma conveniente futuras inversiones portuarias.



### **4.3.- MARCO TEORICO DE LA METODOLOGIA PROPUESTA**

Un proceso de decisión implica, necesariamente, la comparación entre las alternativas propuestas, el hecho de comparar elementos se traduce en la necesidad de realizar mediciones que permitan aplicar los criterios de comparación de modo de establecer preferencias entre ellos. Los elementos que participan en un proceso de decisión por lo general se miden en escalas diferentes, tal es el caso en estudio en que se mide los costes asociados a la construcción y mantención de un puerto, el coste de transporte de mercancías hacia y desde el puerto en cuestión, costes e impactos ambiental y sociales, por lo que se requiere transformar estas unidades en una unidad abstracta que sea válida para todas las escalas.

En el análisis de decisiones de inversión, normalmente esta diversidad de métricas se resuelve con la transformación de todos los impactos de un proyecto, en un indicador económico, típicamente el VAN, cuya unidad de medida es el valor del dinero en un instante dado del tiempo.

Por otro lado, participan también en el proceso muchas variables intangibles imposibles de cuantificar en medidas tradicionales, como ser para nuestro caso, aspectos políticos, sociales y ambientales, que también deben verse representados por una escala común, y que algunas ocasiones son de difícil medición en términos económicos.

Determinar la importancia de estos factores y lograr sintetizar toda esta información necesaria para tomar la mejor decisión entre todas las alternativas es el problema de toma de decisiones que enfrentamos en este trabajo, así como en muchas otras aplicaciones en que ocurre algo similar.

Lo que interesa medir es cuánto más preferible es una alternativa sobre otra y para compararlas necesitamos una escala de evaluación común. Las escalas de evaluación permiten caracterizar los elementos bajo un mismo patrón de comparación pudiendo de esta manera establecer relaciones entre ellas.

Una metodología que logre combinar las distintas dimensiones, objetivos, actores y escalas que se hallan envueltos en el proceso de toma de decisiones,

sin sacrificar la calidad, confiabilidad y consenso en los resultados, es lo que se requiere para resolver este tipo de problemas.

Una de las características principales de las metodologías multicriterio es la diversidad de factores que se logran integrar en el proceso de evaluación. La particularidad de cada metodología multicriterio está en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad.

El problema de seleccionar la mejor alternativa de localización de un puerto comercial obedece a un problema de optimización, que en realidad no es demasiado voluminoso, debido a que las alternativas de localización son menores. Cuando las variables de decisión en la función objetivo obedecen a distintas naturaleza de medida, entonces lo obvio es resolver el problema de optimización con un método basado en técnicas multicriterio o multiobjetivo que veremos en detalle en el próximo punto.

Para realizar la selección de la mejor alternativa de localización de un puerto es necesario realizar evaluaciones de ellas. Estas evaluaciones se fundamentan en la generación del valor actual neto (VAN) para un horizonte de veinticinco años, periodo en que se estipuló en la ley de modernización del sistema portuario de Chile para concesionar un puerto. Junto a la determinación del VAN asociado a cada alternativa de localización se determinarán las preferencias que poseen los decisores de poseer un menor impacto ambiental respecto a un mayor VAN, por el hecho de localizar un puerto en determinado lugar. De igual forma se obtendrán las preferencias respecto al valor económico y un impacto en la relación-ciudad puerto.

Para la obtención de los VAN se procesará información recopilada de distintas fuentes y procesada en un sistema de información, que calcula los costes involucrados de transporte desde y hacia el potencial hinterland de cada alternativa de localización portuaria, costes de construcción y todos aquellos costes que sean diferentes por el hecho de realizar un puerto de iguales características en lugares distintos. Para el cálculo del coste de transporte terrestre de las mercancías que se trasladan hacia y desde el puerto se utilizarán

algoritmos computacionales de optimización de rutas con la finalidad de obtener un coste de iguales condiciones de optimalidad para cada alternativa a evaluar.

Existen algoritmos de optimización de localización de canchas de acopio y caminos forestales que se han desarrollado para aplicaciones de planificación forestal desarrolladas por diversos autores en forma independiente, tales como A. Weintraub, Universidad de Chile, 1997, R. Epstein, Universidad de Chile, 1998 y J. Session, Universidad de Oregon, 1998, y el autor de este trabajo en el año 1995.

En el apartado 2.2.4. se explica el algoritmo de solución basado en el mallado del territorio y determinación de áreas de tributación para cada alternativa de localizar un puerto, basado en los principios de los modelos algorítmicos antes mencionados.

Considerando lo anteriormente descrito, se puede expresar que la metodología propuesta en este trabajo no es otra cosa que la fusión de metodologías de evaluación económica integrado con algoritmos de optimización de rutas y centros de acopios combinado con técnicas de optimización multicriterio o multiobjetivos.

#### **4.3.1.- Concepto esquemático de la planificación de la capacidad portuaria**

Sólo es factible realizar una inversión portuaria cuando su financiación se organiza de manera que los beneficios económicos resulten ser mayores que sus costes. Un proyecto de inversión portuaria es viable en el momento que responde a los intereses tanto de carácter comercial como público (Dekker et al., 2004; Dekker y Verhaeghe, 2004).

En algunos países, como ser el caso de Chile, la existencia de los intereses comerciales quedan particularmente demostrados debido a que el estado ha transferido la administración de las terminales portuarias públicas, mediante el mecanismo de concesión, al sector privado, quien, se supone, persigue un interés lucrativo y por ende, comercial. Sin embargo, la actividad portuaria involucra externalidades positivas y negativas hacia la comunidad adyacente al puerto, en que muchas veces posee un alcance regional, nacional

e internacional. El presente trabajo rescata esta idea del trabajo efectuado por Dekker S. (2205) confirmando la hipótesis de que es posible generar una metodología apropiada para la toma de decisiones respecto a la selección de un lugar más apropiado, bajo múltiples criterios, de emplazar una terminal portuaria. Aunque el trabajo de Dekker apunta a la planificación de la capacidad portuaria que integre interés públicos y privados, el trabajo propuesto en el presente estudio, agrega estos intereses a través de técnica multicriterio que se explica en capítulos posteriores.

A continuación se indica un esquema conceptual para la metodología propuesta en esta tesis para apoyar la toma de decisión para seleccionar un lugar apto y conveniente para construir una terminal, basado en un enfoque logístico que considere la integración de los conceptos que ya han sido trabajados por otros autores, pero de forma independiente.

El proceso de toma de decisión de la localización de instalación de infraestructura portuaria es parte integrante del proceso de planificación portuaria. Por lo tanto, la secuencia lógica de la metodología propuesta responde con similitud a la de planificación.

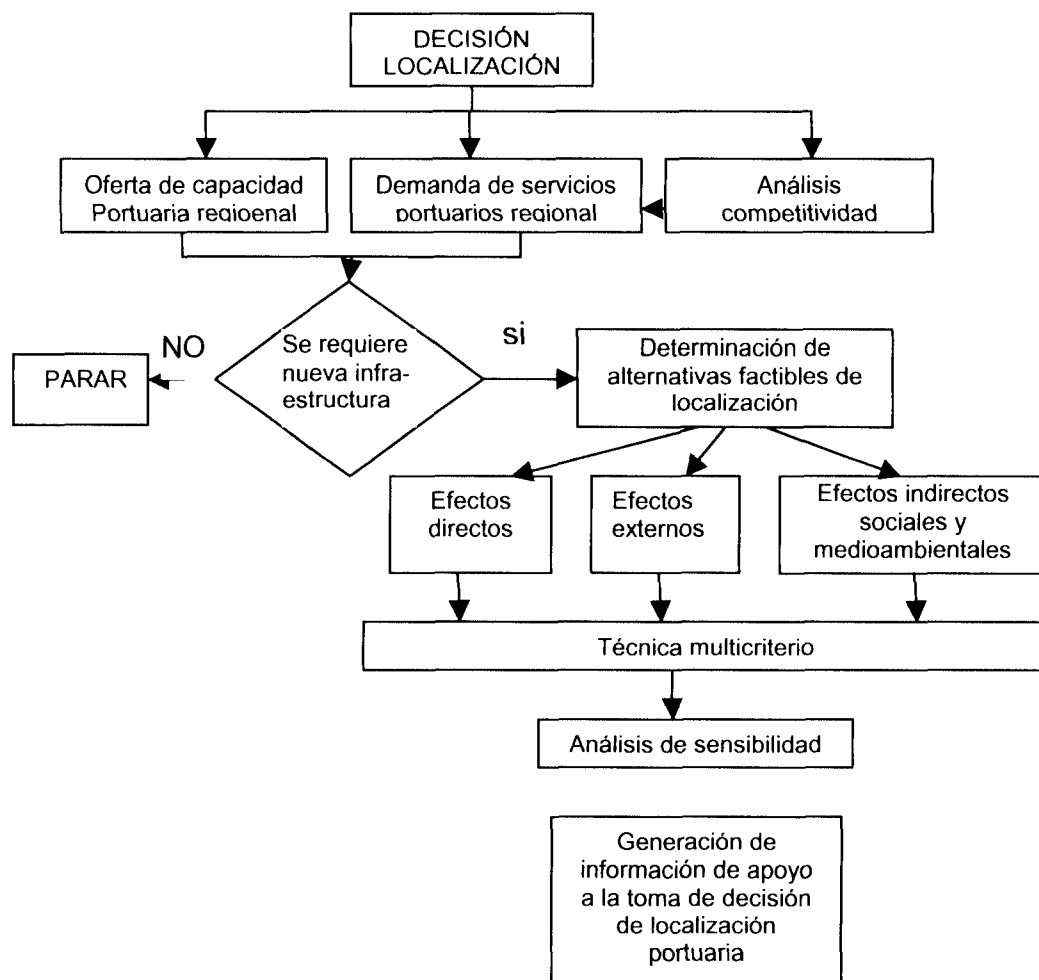
Una forma didáctica para explicar dicha lógica es realizar las preguntas que deben responderse con la metodología a proponer. Estas preguntas son esencialmente las siguientes:

- 1) ¿Cuál es la demanda esperada en la región, de servicios para diferentes tipos y volúmenes de flujos de transporte?
- 2) ¿Cuál es la capacidad portuaria regional requerida para atender la demanda regional de diferentes cantidades de mercancías?
- 3) ¿Cuál es la proporción de utilización actual de la infraestructura portuaria y de transporte en la región?
- 4) ¿Cuáles son las alternativas de aumentar la oferta de servicios portuarios regional?
- 5) ¿Es necesario construir una nueva terminal o ampliar una preexistente?
- 6) ¿Cuáles son las alternativas factibles para emplazar una terminal?
- 7) ¿Cuáles alternativas cumple mejor en las expectativas de las personas involucradas?

- 8) ¿Cuál es el valor presente de la construcción y operación de una terminal en las diferentes alternativas de localización?
- 9) ¿Cuál es el valor presente de otros eslabones de la cadena de transporte considerada?
- 10) ¿Cuál es la valoración de los pesos de los otros criterios considerados en cada alternativa?
- 11) ¿Cuáles son las alternativas más convenientes?
- 12) ¿Qué sucede con aquellas alternativas al variar ciertos parámetros?

Analizando este esquema se observa que la inversión del puerto está sujeta al efecto de las distintas condiciones en cada lugar seleccionado para analizar el emplazamiento de una terminal. Además, otros criterios de interés en el proceso de planificar el desarrollo portuario en una región, también presentan variaciones para las distintas alternativas de localización. En la Figura 4-1 se esquematiza la lógica del procedimiento de la metodología propuesta.

#### ILUSTRACIÓN 4-1 ESQUEMA PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN PARA LA LOCALIZACIÓN DE UNA TERMINAL PORTUARIA



Fuente: elaboración propia basado en conceptos indicados anteriormente

Los enfoques revisados anteriormente ofrecen un esquema conceptual respecto a la planificación del desarrollo portuario y de la lógica conceptual del proceso de toma de decisión de la localización de ampliación de la capacidad portuaria.

#### 4.3.2.- Marco teórico de modelos multicriterios

En el apartado 2.3.5. se ha expuesto una presentación global de las técnicas multicriterio, pero en este capítulo detallaremos algo más los conceptos

básicos del análisis multicriterio, fundamentado del libro de Análisis de la decisiones multicriterio del autor Carlos Romero.

A un nivel conceptual puede decirse que el hombre desarrolla los sistemas con el propósito de alcanzar una amplia gama de objetivos de diferente naturaleza. En bastantes casos estos objetivos entran en conflicto entre sí, por lo que se hace necesario encontrar un compromiso o equilibrio entre los mismos.

A un nivel operativo la ingeniería de sistemas puede concebirse como una secuencia de pasos o actividades en las que en todo momento es necesario elegir entre diferentes alternativas. Normalmente estas alternativas deben de evaluarse con arreglo a diferentes criterios.

Así, en todas las fases del ciclo de vida de los sistemas es necesario elegir entre diferentes alternativas de diseño, de construcción, de operación, etc. Conforme la complejidad del sistema es mayor, el análisis decisional subyacente se hace más difícil, implicando un número mayor de objetivos. Dicho en pocas palabras, el análisis multicriterio constituye un instrumento racional y objetivo tanto para mejorar la comprensión de los procesos de decisión que subyacen a los procesos sistémicos, como para ayudar a los centros decisores a abordar la necesaria comparación entre alternativas.

#### **4.3.2.1.- Algunos conceptos básicos**

Para comprender el alcance del análisis decisional multicriterio es necesario conocer una serie de conceptos y definiciones. El concepto de atributo se refiere a los valores con los que el centro decisor se enfrenta a un determinado problema decisional. Para que estos valores se conceptualicen como atributos es necesario que puedan medirse independientemente de los deseos del centro decisor y a su vez sean susceptibles de expresarse como una función de las correspondientes variables de decisión.

El concepto de atributo se enlaza con el concepto de objetivo, que representan direcciones de mejora de los atributos que estemos considerando. La mejora puede interpretarse en el sentido «más del atributo mejor» o bien «menos del atributo mejor». El primer caso corresponde a un proceso de

maximización y el segundo a un proceso de minimización. Así, maximizar la fiabilidad de un sistema, minimizar el coste de un proceso de producción, etc., son ejemplos típicos de objetivos. En general, los objetivos toman la forma:

Max  $f(\mathbf{x})$  o Min  $f(\mathbf{x})$ .

El concepto de objetivo se enlaza con el concepto de meta, aunque para ello tenemos que introducir previamente el concepto de nivel de aspiración. Un nivel de aspiración representa un nivel aceptable de logro para el correspondiente atributo. La combinación de un atributo con un nivel de aspiración genera una meta.

En algunos casos, el centro decisor puede desear alcanzar exactamente el nivel de aspiración. Es decir, no desea desviaciones por arriba ni por abajo con respecto al nivel de aspiración. En tal caso, la expresión matemática de la meta será

$$f(x) = t, \text{ siendo } t \text{ el nivel de aspiración.}$$

La fiabilidad de un sistema es un atributo, maximizar dicha fiabilidad un objetivo y, finalmente, alcanzar una fiabilidad al menos igual a un determinado nivel de aspiración es una meta. Por último, el concepto de criterio engloba los tres conceptos precedentes. Así, los criterios son los atributos, objetivos o metas que se consideran relevantes en un cierto problema decisional. Por consiguiente el análisis de la decisión multicriterio constituye un marco general o paradigma en el que se investigan problemas decisionales con diferentes atributos, objetivos o metas. Puede decirse que las metas constituyen una especie de restricciones «blandas» que pueden violarse sin que por ello se generen soluciones imposibles.

La cantidad de violación puede medirse introduciendo dos variables de desviación, una negativa  $n$  y otra positiva  $p$ . Por consiguiente, una meta puede representarse de la siguiente manera:

ATRIBUTO + VARIABLES DE DESVIACIÓN = NIVEL DE ASPIRACIÓN  
o en términos matemáticos como:

$$f(x) + n - p = t$$



#### **4.3.2.2.- El criterio de optimalidad paretiana**

En 1896, el economista italiano Vilfredo Pareto introdujo un criterio de optimalidad que ha recibido su nombre y que puede considerarse crucial en teoría económica. En su formulación inicial, Pareto considera que una colectividad se encuentra en un estado óptimo si ninguna persona de esa colectividad puede mejorar su situación sin que empeore la situación de alguna otra persona de la misma. Esta clase de optimalidad se denomina también eficiencia paretiana. El atractivo del criterio de Pareto es que, aún tratándose indiscutiblemente de un juicio de valor, es muy poco fuerte, por lo que la mayoría de las personas lo aceptarían razonablemente.

Este criterio de optimalidad paretiana puede transferirse de una manera directa de la economía al análisis decisional multicriterio. Para ello, basta sustituir el concepto original de Pareto de «sociedad» o «colectivo» de personas por el de conjunto de criterios. Así, cada criterio individual representa a una persona en esta nueva interpretación. Esta traslación del concepto de optimalidad paretiana juega un papel esencial en los diferentes enfoques desarrollados dentro del paradigma multicriterio. Puede decirse que la eficiencia paretiana es una condición exigida como necesaria para poder garantizar la racionalidad de las soluciones generadas por los diferentes enfoques multicriterio.

El concepto de optimalidad paretiana dentro del campo multicriterio puede definirse formalmente de la siguiente manera. Un conjunto de soluciones es eficiente (o Pareto óptimas) cuando está formado por soluciones factibles (esto es, que cumplen las restricciones), tales que no existe otra solución factible que proporcione una mejora en un atributo sin producir un empeoramiento en al menos otro de los atributos.

#### **4.3.2.3.- La normalización de los criterios**

Aunque no siempre es necesario en muchos métodos multicriterio, resulta esencial proceder a la normalización de los diferentes criterios en consideración. La normalización es necesaria, al menos por los tres tipos de razones que exponemos seguidamente.

En primer lugar debe de tenerse en cuenta que en la mayor parte de los contextos decisionales las unidades en que están medidos los diferentes criterios suelen ser muy diferentes. Una comparación o agregación de los diferentes criterios carece de significado.

En segundo lugar debe asimismo tenerse en cuenta que en muchos problemas multicriterio, los valores alcanzables por los diferentes criterios pueden ser muy diferentes.

En tales casos, sin una normalización previa de los criterios los métodos multicriterio pueden conducirnos a soluciones sesgadas hacia los criterios con valores alcanzables mayores.

Finalmente, cuando en la sección siguiente se analizan diferentes procedimientos para interaccionar con el centro decisor con el propósito de obtener indicadores de sus preferencias, la normalización previa de los criterios facilita este tipo de tarea. En efecto, en bastantes casos los centros decisores realizan con más facilidad las tareas comparativas entre criterios cuando trabajan con valores normalizados de los mismos en vez de con sus correspondientes valores originales.

Seguidamente pasamos a exponer brevemente los procedimientos de normalización de criterios más utilizados en la práctica. Uno de los métodos más simples consiste en dividir los valores que alcanza el criterio por su valor «mejor». El valor mejor es el máximo cuando el criterio consiste en un atributo del tipo «más mejor» o el mínimo cuando se trata de un atributo del tipo «menos mejor».

También pueden normalizarse los criterios, dividiendo los valores que alcanza el criterio por su recorrido. Se entiende por recorrido la diferencia entre el valor «mejor» y el valor «peor» alcanzado por cada criterio.

En algunos métodos multicriterio resulta conveniente que los valores normalizados de los criterios queden acotados en el intervalo  $[0,1]$ . Este tipo de normalización puede conseguirse con facilidad restando al «mejor» valor el que

realmente alcanza el criterio, dividiendo seguidamente dicha diferencia por el correspondiente rango.

Conviene indicar que con este sistema de normalización el valor normalizado del criterio es 0 cuando el criterio alcanza su «mejor» valor y por el contrario es 1 cuando el criterio alcanza su «peor» valor. Finalmente, conviene indicar que en un contexto de programación por metas la manera más eficaz de normalizar los criterios consiste en dividir las variables de desviación por los correspondientes niveles de aspiración. De esta forma pasamos de trabajar con desviaciones absolutas expresadas en las unidades que caracterizan a la correspondiente meta a operar con desviaciones porcentuales que carecen de dimensión.

#### **4.3.2.4.- La ponderación preferencial de los criterios**

Los criterios relevantes en un problema decisional pueden tener diferente importancia para el centro decisor. Así, la velocidad del cazabombardero puede tratarse de un criterio que el centro decisor considere más importante que la carga máxima del mismo o viceversa.

Este hecho hace que en muchos problemas decisionales resulte necesario obtener unos pesos o indicadores de las preferencias relativas del centro decisor por unos criterios con respecto a otros.

Conviene indicar que así como la tarea de normalizar criterios requiere exclusivamente una información de tipo técnico, la estimación de las preferencias relativas conlleva una fuerte carga subjetiva lo que hace necesario que para estimar dichos pesos preferenciales tengamos que interaccionar de una manera u otra con el centro decisor.

Seguidamente pasamos a exponer alguno de los procedimientos utilizados para poder estimar pesos preferenciales.

La forma más sencilla de abordar esta tarea consiste en pedir al centro decisor que clasifique los criterios por orden de importancia.

Es decir, si tenemos  $n$  criterios se solicita al centro decisor que asigne el número 1 al criterio que considere más importante, el número 2 al criterio siguiente en importancia hasta asignar el número  $n$  al criterio que considera menos importante. Los pesos compatibles con dicha información pueden obtenerse a partir de alguna de estas dos expresiones:

$$W_j = \frac{1/r_j}{\sum_{i=1}^n 1/r_i}$$

$$W_j = \frac{(n - r_j + 1)}{\sum_{i=1}^n (n - r_i + 1)}$$

donde  $r_j$  es el lugar o posición que ocupa el criterio  $j$ -ésimo en la clasificación establecida por el centro decisor.

Es interesante observar que con el procedimiento expuesto la suma de los pesos preferenciales obtenidos es igual a uno. Esta propiedad es bastante útil tanto para interpretar el significado de los pesos como para facilitar su uso por parte del centro decisor.

El procedimiento de estimar pesos preferenciales, aunque tiene un claro interés práctico no está exento de dificultades. Así, con este enfoque tenemos en cuenta que el criterio  $i$ -ésimo es preferido al criterio  $j$ -ésimo, pero no tenemos en absoluto en cuenta la intensidad con la que el criterio  $i$ -ésimo es preferido al  $j$ -ésimo. Por otra parte, ordenar simultáneamente los  $n$  criterios es una tarea complicada para cualquier centro decisor, muy especialmente cuando el número  $n$  de criterios es elevado.

Este tipo de dificultades pueden superarse recurriendo a un procedimiento sugerido por Saaty que constituye la base de la metodología multicriterio conocida por procesos analíticos jerarquizados (AHP). Este procedimiento requiere del centro decisor la comparación simultánea de sólo dos objetivos. Es decir, el centro decisor ha de realizar una comparación de valores subjetivos por «parejas». Los valores numéricos que propone aplicar Saaty son los siguientes:

- (1) cuando los criterios son de la misma importancia;
- (3) moderada importancia de un criterio con respecto a otro;
- (5) fuerte importancia;
- (7) demostrada importancia; y
- (9) extrema importancia.

Asimismo, Saaty sugiere valores intermedios para juicios de valor contiguos.

Es interesante observar que, por su propia construcción, este tipo de matrices sugeridas por Saaty poseen propiedades recíprocas (esto es,  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ).

#### 4.3.2.5.- Aspectos básicos de métodos de optimización multiobjetivo

La programación multiobjetivo, también llamada optimización vectorial, constituye un enfoque multicriterio de gran potencialidad cuando el contexto decisional está definido por una serie de objetivos a optimizar que deben de satisfacer un determinado conjunto de restricciones. Como la optimización simultánea de todos los objetivos es usualmente imposible, pues en la vida real entre los objetivos que pretende optimizar un centro decisor suele existir un cierto grado de conflicto, el enfoque multiobjetivo en vez de intentar determinar un no existente óptimo pretende establecer el conjunto de soluciones eficientes o Pareto óptimas.

Planteado el problema en estos términos, la estructura general de un programa multiobjetivo puede representarse esquemáticamente de la siguiente manera:

$$Eff f(x) = [f_1(x), \dots, f_i(x), \dots, f_n(x)] \quad (a)$$

sujeto a:

$$x \in F \quad (b)$$

donde:

$Eff$  significa la búsqueda de soluciones eficientes o Pareto óptimas.

$f_i(x)$  = Expresión matemática del atributo i-ésimo.

$x$  = Vector de variables de decisión.

F = Conjunto de restricciones -usualmente lineales- que definen el conjunto de soluciones posibles.

Debe de indicarse que la búsqueda de soluciones eficientes puede establecerse en un sentido maximizador cuando «más del atributo mejor» o en su sentido minimizador cuando «menos del atributo mejor».

El propósito del enfoque multiobjetivo consiste en segregar del conjunto de soluciones posibles un subconjunto propio del mismo cuyos elementos gocen de la condición de optimalidad paretiana en el sentido que se dio a este concepto en el capítulo anterior. Debe de indicarse que la programación multiobjetivo aborda tal tarea utilizando una información estrictamente técnica (restricciones, expresiones matemáticas de los atributos, etc.) sin incorporar al análisis ninguna información sobre las preferencias del centro decisor.

Planteado el problema en estos términos, la operatividad de la programación multiobjetivo consistirá en desarrollar una serie de técnicas que permitan a partir de la estructura (a)-(b) generar el conjunto de soluciones eficientes o Pareto óptimas.

#### **4.3.2.6.- Técnicas generadoras del conjunto eficiente**

Los métodos más utilizados para generar, o al menos aproximar, el conjunto eficiente son:

- el método de las ponderaciones,
- el método de las restricciones y el simplex multicriterio.

En el método de las ponderaciones se multiplica cada objetivo por un peso o factor no negativo, procediéndose seguidamente a agregar todos los objetivos ponderados en una única función objetivo.

La optimización de dicha función ponderada y agregada genera un elemento del conjunto eficiente. Por medio de la parametrización de los pesos asociados a los objetivos se va aproximando el conjunto eficiente o conjunto de soluciones Pareto óptimas. Así, en un problema multiobjetivo con n objetivos a

maximizar la aplicación del método de las ponderaciones conduce al siguiente programa lineal paramétrico:

$$\text{Max } \sum_{i=1}^n \lambda_i f_i(x)$$

sujeto a:

$$\begin{aligned} x &\in F \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned}$$

Para cada vector de pesos  $\lambda$  se obtiene un elemento del conjunto eficiente. Debe de apuntarse que el método de las ponderaciones garantiza soluciones eficientes sólo cuando los pesos son estrictamente positivos (p.ej.  $\lambda > 0$ ). Pasamos seguidamente a exponer los rasgos básicos del llamado método de las restricciones. Con este método se optimiza uno de los  $n$  objetivos esto es, se trata como función objetivo propiamente dicha mientras que los demás objetivos se incorporan al conjunto de restricciones como restricciones paramétricas. Para cada conjunto de valores que se de al vector de términos independientes, o término de la derecha, se genera un elemento del conjunto eficiente.

Así, en un problema multiobjetivo con  $n$  objetivos a maximizar, la aplicación del método de las restricciones conduce al siguiente nuevo programa lineal paramétrico:

$$\text{Max } f_j(x)$$

sujeto a:

$$f_i(x) \geq H_i \quad i = 1, 2, \dots, j-1, j+1, \dots, n \quad (c)$$

Variando paramétricamente los términos de la derecha  $H_i$  iremos generando los elementos del conjunto eficiente. Debe de apuntarse que el método de las restricciones garantiza soluciones eficientes sólo cuando las restricciones paramétricas de (c) son activas en el óptimo.

El Simplex multicriterio genera todos los puntos de esquina (corner points) eficientes de un problema multiobjetivo desplazándose para ello de un punto esquina al punto esquina contiguo. El algoritmo del Simplex tradicional constituye el mecanismo adecuado para efectuar este tipo de desplazamiento de un punto

de esquina a un punto adyacente, por medio de una operación de pivotado. En combinación con esta operación de salto de un punto de esquina a otro, el Simplex multicriterio recurre a una subrutina que permite comprobar la eficiencia o no de cada punto obtenido. El Simplex multicriterio trabaja eficientemente sólo con problemas de un tamaño reducido. Entendiendo por tamaño reducido, problemas con un número de objetivos inferior a cinco, así como un número de variables y restricciones no superior a cien.

La programación multiobjetivo, tal como la hemos presentado en los apartados anteriores, puede considerarse como la primera etapa de un proceso decisional. En efecto, con la aplicación de este enfoque conseguimos particionar el conjunto factible en dos subconjuntos: el subconjunto de soluciones paretianamente eficientes y el subconjunto de soluciones dominadas, o inferiores. La partición del conjunto factible se ha realizado de una manera mecánica, sin tener en cuenta las preferencias del centro decisor. En todo caso, una vez que las soluciones inferiores han sido eliminadas, puede decirse que comienza el proceso decisional propiamente dicho. Para abordar tal tipo de tarea, tendremos que introducir de una manera u otra las preferencias del centro decisor.

Una de las formas más fructíferas de abordar esta tarea es por medio de la programación compromiso cuyos rasgos básicos se exponen en la siguiente Sección.

#### **4.3.2.7.- Programación compromiso**

El primer paso dentro del enfoque compromiso consiste en establecer lo que Zeleny llama el punto o la alternativa ideal. Las coordenadas de la alternativa ideal vienen dadas por los valores óptimos de los correspondientes objetivos, forzando el proceso de optimización al cumplimiento de las restricciones del problema. El punto o alternativa ideal se puede representar por medio del siguiente vector:

$$f^* = (f^*_1, \dots, f^*_i, \dots, f^*_n)$$



siendo:

$$f_i^* = \text{Max } f_i(x)$$

sujeto a.

$$x \in F$$

cuando se pretende maximizar los  $n$  objetivos. Cada elemento del vector  $f^*$  se denomina «punto ancla». La alternativa ideal es usualmente inalcanzable.

Obviamente, si dicha alternativa fuera alcanzable, ello implicaría que no existe conflicto alguno entre los  $n$  objetivos, por lo que de hecho no existiría ningún problema de elección multicriterio, pues la alternativa ideal  $f^*$  sería la elección óptima.

Cuando el punto o alternativa ideal es inalcanzable, la elección óptima o mejor solución compromiso viene dada por la solución eficiente más próxima al punto ideal. Esta regla de comportamiento suele denominarse axioma de Zeleny, pues fue este investigador quien lo propuso en 1973. De acuerdo con este postulado, dadas las soluciones  $f_1$  y  $f_2$ , la solución preferida será aquella que se encuentre más próxima al punto ideal. Dependiendo de la métrica que se elija tendremos diferentes funciones de distancia, lo que nos permitirá establecer diferentes conjuntos compromiso.

#### **4.3.3.- Uso de Sistema Información Geográfico**

Como ya se mencionó en el apartado 2.4., últimamente se está incorporando cada vez más el uso de sistemas de información geográfico para analizar y resolver problemas que atañen alguna información relativa al territorio.

Los sistemas de información geográficos insertos como instrumento de apoyo global a la gestión de organización, explotación y entrega de información y, en especial, como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, poseen necesariamente un significado de reestructuración y modernización de los procesos informáticos. La implantación de un SIG requiere de un proceso de transformación administrativa que incorpora cada una de las actividades y tareas que son vitales para el efectivo funcionamiento del SIG y su mantenimiento.

La aplicabilidad del SIG puede entenderse como un instrumento de análisis espacial, a una variedad de campos donde se requiere analizar la ocurrencia de ciertos fenómenos y su relación con el medio que lo rodea.

Esta aplicabilidad se extiende además del área portuaria; a las áreas económicas, agropecuarias, forestales, en la salud y educación, a los estudios de necesidades básicas insatisfechas, dentro de las instancias académicas, en el marketing y en una amplia variedad de sectores del quehacer de un país.

Hoy en día, pareciera que los principales problemas se ubican en el contexto de la falta de recursos para la actualización de datos más que en restricciones para administrar los insumos de trabajo o de capacidades técnicas para diseñar procesos de automatización que les permitan facilidades en el manejo de ello. Así, a pesar de que en algunos países se han desarrollado esfuerzos muy importantes por digitalizar la cartografía de base que se utiliza para apoyar la realización del trabajo, los mayores problemas se presentan por la falta de recursos asignados para la actualización sistemática de los datos. Este último aspecto posee una relación directa con la calidad de la información recolectada. En la mayoría de los casos los esfuerzos requeridos para mantener actualizada una base de datos digital-cartográfica son notablemente mayores a los esfuerzos que fueron necesarios para su creación. La representación digital de una área geográfica precisa evolucionar al mismo ritmo que ocurre las transformaciones en el terreno, en las vías, en la construcción, etc.

El fundamento esencial en el diseño del proyecto SIG hace referencia a la componente espacial, la cual debe ser una parte integral del proyecto desde el principio; si en cambio esta componente se asume como un elemento adicional, que se incorpora en cualquier momento del desarrollo, nos enfrentamos ineludiblemente a un resultado poco conveniente.

El diseño, más que el análisis de un SIG es complicado y se debe asumir de esta forma. Aun cuando un SIG puede ser ejecutado desde un punto de vista técnico consistente, un diseño adecuado ejerce una influencia fuerte

para que los productos de información generados puedan ser utilizados con efectividad.

Más allá de los procesos técnicos propios que deben ser abordados para generar los insumos del SIG, sean estos la base de datos relacional, las base de datos digital cartográfica, los procedimientos informáticos para automatizar las actividades y tareas, los trabajos de mantenimiento y la generación de instrumentos de entrega de información, el SIG debe obedecer a un modelo que refleje los objetivos y las necesidades reales de los usuarios de la información. Este modelo de información, derivado de un análisis y diseño especializado, es la columna vertebral del SIG y será el producto de un proceso de planificación de acuerdo a las necesidades reales del trabajo.

#### **4.4.- VARIABLES A CONSIDERAR EN LA CREACION DEL MODELO**

Al crear un modelo con el propósito de apoyar la evaluación de variables técnico – económicas pertinentes a la localización de un puerto, debe definirse el comportamiento del puerto a localizar en cuanto a la carga movilizada, ya sea esta de carácter general, especializado, contenedorizado o carga seca a granel.

En las últimas décadas, los organismos a cargo de la toma de decisión de la localización de infraestructura portuaria han incorporado en el análisis del proceso de decisión los factores relacionados con aspectos sociales, como ser aquellos aspectos que desfavorecen a la ciudad que aloja a un puerto existente, y que también perjudican la competitividad del propio puerto. La relación entre dicho puerto y la ciudad debe ser tal que ambos se beneficien, de lo contrario se deben analizar las medidas para mejorar tales aspectos o evitarlos cuando se planifica construir un nuevo puerto en una zona contigua a alguna ciudad.

De forma similar y análoga, los tomadores de decisión respecto a encontrar una ubicación para construir y posteriormente operar un puerto, deben considerar aquellas externalidades producto de la futura actividad portuaria sobre el medio ambiente,

En general, el proceso de toma de decisión de localizar un puerto obedece a un esquema similar para una clase determinado de puerto, que en este caso corresponde a un puerto comercial, debido a que se considera las mismas variables, que podemos agrupar en económicas, sociales y ambientales, diferenciándose en las distintas situaciones, en el peso relativo que se le asignan a cada una de ellas.

##### **4.4.1.- Variables económicas**

Un puerto no tiene sentido sin un entorno adecuado que le permita ser competitivo respecto de ofertas alternativas y sin un tráfico que justifique su implementación. Por ello resulta congruente realizar un análisis de mercado acerca de aspectos de mercado del hinterland de la futura localización del puerto, que complemente la investigación de estudios técnicos, con el fin de

tener una opinión integral respecto de las alternativas de localización de un puerto.

Además, factores macroeconómicos, antes de realizar la proyección de los datos históricos, favorece la razón de las tendencias de tráfico y la obtención de la probabilidad que ésta se mantenga. En los países en desarrollo, la razón será, en la mayor parte de los casos, algunas de las siguientes :

- El tráfico depende directamente del PIB. El tráfico de un determinado producto se ha frenado o desarrollado deliberadamente.
- Se está produciendo un cambio gradual en los centros de consumo y producción.
- Se está produciendo un cambio gradual de la tecnología o de las rutas de transporte ( de carga fraccionada a contenedores, de transporte marítimo a terrestre, etc)

#### **4.4.1.1.- Estimación de la demanda por servicio portuario en el hinterland a considerar**

El transporte marítimo forma parte de un complejo sistema multimodal, participando junto con los distintos modos de transporte terrestre, como ser: rodoviario, ferroviario, ductos, cintas transportadoras, modo aéreo y modo acuático, como hidrovías fluviales o de otros recursos hídricos. En consecuencia el estudio de demanda representa la principal fuente de información para la decisión de invertir, por parte del privado o el estado, entregando datos de vital importancia como:

- Cortes temporales.
- Zonificación de la zona en estudio.
- Análisis económico del hinterland.
- Sectores productivos.
- Generación y atracción de cargas.
- Distribución de cargas.
- Partición modal.
- Tipo de carga.
- Cantidad estimada de carga a transportar.

- Red de transporte.
- Costes de transporte al año base.
- Rangos de fluctuación del nuevo servicio.
- Determinación de demanda insatisfecha.
- Tarifas e ingresos portuarios.

#### **4.4.1.2.- Estudio de la oferta de servicio portuario en el hinterland a considerar**

Una vez estudiada la demanda por servicios portuarios no se debe dejar pasar el conocer los actuales puertos operativos junto a sus características de servicios ofrecidos y condiciones físicas para evaluar las posibles alternativas de abarcar el mercado deseado. Este es un punto de vital importancia a la hora de decidir por un proyecto de una nueva inversión en una determinada zona, puesto que de ello dependerá el éxito lucrativo de dicho negocio, bajo el enfoque de un punto de vista privado.

Desde una perspectiva social con la realización de una inversión con fondos público, también se requiere estudiar las instalaciones existentes, puesto que una sobre oferta, perjudica la eficiencia de los recursos a disposición y merman los fondos para otros sectores, con mayor impacto en países en vía de desarrollo, como es el caso de Chile.

#### **4.4.2.- Variables técnicas**

Antes de toda decisión económica, es necesario evaluar técnicamente los lugares con condiciones naturales satisfactorias para realizar una inversión de tal envergadura, como lo son las instalaciones portuarias. La determinación de factibilidad técnica de una alternativa de localización para la inversión de un proyecto de inversión portuaria es altamente dependiente de variables físicas, socio-económicas y ambientales, es por ello que se tratará de describir los principales parámetros que permitan decidir al evaluador la factibilidad técnica del proyecto. Las variables técnicas se pueden agrupar en cuatro grandes categorías:

- a) Requerimientos de terreno para el desarrollo de actividades portuarias actuales y proyectadas.

- b) Requerimientos en los aspectos náuticos para el desarrollo de un proyecto portuario.
- c) Aspectos relacionados con el medioambiente.
- d) Aspectos de contingencia legal.

#### **4.4.2.1.- Requerimientos de terrenos para el desarrollo de las actividades portuarias**

El requerimiento de terrenos, dependerá principalmente del carácter del puerto, número de sitios (capacidad de prestar servicio a un número de naves), de las cargas que transitarán por dichos muelles, y de las correspondientes necesidades de áreas para transportación, almacenaje (cubiertos y descubiertos) y para el asentamiento de industrias. Los tipos de puertos comerciales, tanto húmedos como secos, pueden ser:

- a) Terminal de carga general
- b) Terminal de contenedores
- c) Terminal de carga seca a granel
- d) Puertos secos

#### **4.4.3.- Requerimientos en los aspectos náuticos de un proyecto portuario húmedo**

La localización donde se emplazará un proyecto portuario es altamente dependiente de una variedad de condiciones ambientales, las cuales deben ser analizadas para poder efectuar estimaciones de las diversas opciones de obras costeras, tanto marítimas como portuarias.

También es necesario analizar las dificultades que se presentan en la dirección operativa del buque, en relación con las condiciones ambientales tales como: el viento, mareas, corrientes (Diez, 1999, 2005), olas y visibilidad.

#### **4.4.4.- EL coste del transporte marítimo**

La determinación del coste de transporte marítimo varía al aplicar diferentes métodos de cálculo. También difiere al utilizar distintos criterios en la imputación de determinados consumos, en particular, aquéllos cuya incorporación al coste se produce vía indirecta, como las amortizaciones.

Asuntos relacionados con la problemática marítima, como las inversiones para mejoras en las condiciones propulsivas de los buques de una flota, la adecuación del buque al tráfico, el planteamiento en profundidad de un estudio sobre política de fletamento frente a compra de buques usados o nueva construcción de buques, entre otras deben basarse en el conocimiento de la estructura de costes de explotación del buque.

El conocimiento de la estructura de costes permitirá valorar los distintos factores integrantes, en definitiva, los resultados económicos de la explotación, que será distinta, dependiendo de los tipos de buques que se consideren, de sus tamaños, de los tráficos a servir, de las modalidades de explotación económica, etcétera.

Sin embargo, contrariamente a lo que muchas veces se piensa, en sectores del transporte marítimo concretamente en el mercado de buques de navegación libre o tramp, modalidad en que los precios son fijados por el libre juego de la concurrencia, la determinación del precio de venta del bien o servicio es independiente de la estructura de costes.

Por tanto, el flete poco o nada tiene que ver con el coste del transporte marítimo, ya al ser fijado por las condiciones de equilibrio de oferta y demanda, el naviero no lo impone en función de sus costes, sino que lo acepta como consecuencia de las leyes del mercado, y buena prueba de ello son las situaciones de crisis prolongada que padece periódicamente el sector marítimo. Ello no quita importancia, ni mucho menos, a la necesidad de que las empresas navieras conozcan y controlen sus costes, que habrán de ser, en todo caso, punto de referencia inexcusable para el conocimiento de la situación y base de partida para la toma de decisiones por parte de los armadores.



#### **4.4.5.- Investigación de las condiciones ambientales.**

Para determinar las condiciones ambientales presentes en la zona donde se planea localizar un puerto, existen varias alternativas que son presentadas a continuación.

Las etapas para la determinación de las condiciones ambientales son las siguientes:

##### **a.- investigaciones realizadas**

Los estudios realizados con anterioridad a la generación del proyecto, pueden servir de referencia a la localización de un puerto; sean estos registros, publicaciones o cartas generadas por instituciones gubernamentales o de investigación.

La ley chilena N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, señala que los proyectos o actividades señaladas en el mismo cuerpo legal, respecto a obras marítimas, sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental.

Al respecto, establece que: "Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus Bases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, son los siguientes;

f.) " Puertos, vías de navegación, astilleros y terminales marítimos "

j.) " Oleoductos, gasoductos, ductos mineros u otros análogos"

Así conforme a la descripción que se contiene en este estudio del proyecto propuesto, es claro que se encuentra dentro de las actividades enumeradas en la ley como susceptible de causar impacto ambiental y, por lo tanto, debe someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental.

Respecto al marco legal aplicable al proyecto de construcción y operación de una terminal marítima, podemos indicar que:

i).- La Constitución Política de la República de 1980, señala lo siguiente:

- Garantía constitucional a vivir en un ambiente libre de contaminación.
- Protección jurisdiccional.
- Función ambiental de la propiedad.

ii).- Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Ley N° 19.300, y su reglamento Decreto Supremo N° 30, de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

- Fundamento constitucional
- El desarrollo sustentable
- Procedimiento de evaluación y otorgamiento de permisos sectoriales.
- Responsabilidad por daño ambiental

iii).- Instrumentos de planificación territorial y administrativa.

- Política Nacional de Uso de Borde Costero del Litoral de la Republica, Decreto Supremo N° 475, de 1994, Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina.
- Instrumentos de Planificación territorial.
  - I. Plan Regulador Metropolitano de Concepción y Plan Regulador Comunal de Talcahuano Vigentes.
  - II. Proyectos de Plan Regulador Intercomunal y de Plan Regulador Comunal de Talcahuano.

iv).- Normas de Protección a los Recursos Naturales Renovables.

- Normas de Protección a los Ecosistemas Marino y Costero.
  - I. Código Civil.
  - II. Tratados y Convenios Internacionales de protección del Ambiente Marino.

1) Convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos, promulgado mediante DS 474, de 1977, del Ministerio de Relaciones Exteriores.

2) Protocolo relativo al Convenio internacional para prevenir la contaminación de los buques de 1973, promulgado mediante DS 1689, de 1994, del Ministerio de Relaciones Exteriores.

- 3) Convenio relativo a la intervención en alta mar en casos que causen una contaminación por hidrocarburos, de 1969, y el Protocolo relativo a la intervención en alta mar en casos de contaminación por sustancias distintas de los hidrocarburos, de 1973, promulgado mediante DS 358, de 1995, del Ministerio de Relaciones Exteriores.
- 4) Convenio sobre Prevención de la Contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, con sus anexos I, II y III, de 1972, promulgado mediante DS 476, de 1977, del Ministerio de Relaciones Exteriores.
  - Acuerdo sobre la cooperación regional para el combate contra la contaminación del Pacífico Sudeste por hidrocarburos y otras sustancias nocivas en casos de emergencia, de 1981, promulgado mediante D 425, de 1983, del Ministerio de Relaciones Exteriores.
- 5) Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos, 1990 y su anexo, promulgado mediante DS N° 107, de 1998, del Ministerio de Relaciones exteriores.
  - Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante.
  - Ley de Navegación.
  - Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática.
  - Decreto con Fuerza de Ley N° 340, Ley sobre Concesiones Marítimas, Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina.
  - Decreto Supremo N° 660, 1988, Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina.
- v).- Protección de los cuerpos de aguas continentales superficiales y subterráneas.
  - Código de aguas, artículo 92.
  - Decreto supremo N° 75, 1987, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, sobre el transporte de ciertas cargas.
  - Decreto Supremo N° 594, de 2000, Ministerio de Salud, Establece Condiciones Sanitarias y Ambientales en los Lugares de Trabajo.
  - Norma Chilena Oficial 1333.Of.78, establece requisitos de calidad del agua para diferentes usos.

La calidad de las aguas marinas podrá verse afectada durante la etapa de construcción, para lo cual se han dispuesto diversas medidas tendientes a prevenir o minimizar los eventuales impactos. En la construcción en el mar se dispondrá de redes ubicadas en las áreas intervenidas, que recolectaran los elementos o materiales que puedan llegar a caer desde las obras.

Del mismo modo, con la finalidad de prevenir derrames de aceites u otros lubricantes, se cuidará la adecuada mantención técnica de todas las maquinarias que intervendrán en las labores de construcción.

vi).- Normas de protección a la Flora y Fauna Marina y Terrestre.

a. Convenciones internacionales de protección a la flora y fauna asociadas al ambiente acuático.

- Convención de Washington, Convención para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América, acordada el 12 de octubre de 1940.
- Convención de Ramsar, Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas, acordada en Ramsar, Irán, en febrero de 1971.
- Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Salvaje.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica, acordado en junio de 1992.

b. Normas Nacionales.

- Ley General de Pesca y Acuicultura.
- Decreto Supremo N° 290, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, modificado por el decreto supremo N° 604, Reglamento de Concesiones y autorizaciones de Acuicultura.
- Ley de Caza, N° 19.473/96 y su reglamento D.S. 5/98.

- DS N°4.363, de 1931, Ley de Bosques
- Ley N° 18.378, de 1984, Ministerio de Agricultura, respecto a la creación por Decreto Supremo de áreas de conservación de suelos.
- Ley 17.288, de 1970, Monumentos Nacionales.
- Decreto Ley N° 556, de 18 de junio de 1976, Ministerio de Educación, declara Monumentos Históricos Nacionales, Zonas Típicas y de Protección y Santuarios de la Naturaleza los que indica.

Para la ejecución de estas obras se debe considerado una serie de medidas de control y mitigación de la posible contaminación e intervención propias de estas faenas, tales como aquellas que afectan al paisaje.

#### b.- investigaciones en terreno

Una investigación en terreno debe ser realizada en forma cuidadosa obteniendo el máximo de información de las características físicas de la zona. Los estudios de las características físicas de la zona que se requieren son:

- i. Recopilación de antecedentes climáticos, tales como: viento, lluvia, oleaje.
- ii. Estudios oceanográficos, como ser; corrientes marinas, maremotos.
- iii. Geodesia y topobatimetría y mecánica de suelos.
- iv. Infraestructura existente, caminos y puertos
- v. Maniobrabilidad de los buques.

#### **4.4.6.- Relación ciudad - puerto**

La relación entre los habitantes de la ciudad y el puerto que muchas veces se ve rodeado de construcciones urbanas que entorpecen la actividad portuaria y este a su vez, afecta la convivencia de la ciudad. Es uno de las áreas actualmente preocupantes a la hora de evaluar la construcción y posterior operación de un puerto. Los factores que intervienen en la relación de las actividades cotidianas de los habitantes de la ciudad con las actividades portuarias se explican básicamente por:

- La composición de los espacios portuarios es un ejercicio de transformación y de valorización del espacio que debe realizarse de acuerdo a un contexto socioeconómico preciso.
- Las preocupaciones medio ambientales y paisajísticas constituyen un reto urbano fundamental. Como todas las ciudades, las ciudades portuarias deben responder a las expectativas y a una fuerte demanda de los habitantes por una mejora de su marco de vida.
- Las ciudades deben albergar sectores tecnológicos importantes relacionados con los sectores terciarios e industriales, para servir de apoyo a su dinamismo, su modernidad y su capacidad de innovación.
- La cantidad de las funciones terciarias concentradas en una ciudad portuaria conllevan a implantar direcciones administrativas de centros comerciales que permitan a la ciudad portuaria incrementar su influencia, atraer flujos de turismo y empresas y reforzar una vocación regional, nacional o internacional.
- Las actividades culturales forman parte de la nueva dinámica de las ciudades portuarias, a la vez como polos de atracción turística y como herramientas económicas.

Además, el impacto en el medio ambiente, tanto en el medio acuático, atmosférico como terrestre afecta no tan solo a la comunidad circundante al puerto sino que sus efectos llegan a distancias, muchas veces insospechadas.

#### **4.5.- EXPERIENCIA EN METODOLOGÍAS PARA LA DECISIÓN DE INVERSIÓN DE AMPLIACIÓN PORTUARIA**

En este subcapítulo se entrega una revisión de trabajos realizados con relación a metodologías desarrolladas para apoyar la toma de decisión respecto a la ampliación de infraestructura portuaria. Básicamente se presenta una síntesis de la tesis doctoral “Port Investment Towards an Integrated Planning of Port Capacity” efectuada por el Ingeniero Civil, Señor Sander Dekker, quien leyó su trabajo de tesis doctoral en abril del año 2005 en la Universidad de Delft/Leiden.

##### **4.5.1.- Revisión de enfoques existentes**

Dicho trabajo se basa en el estudio del proceso de toma de decisión de una expansión de un puerto, con el fin de aumentar su capacidad física, enfocado desde el punto de vista del planificador del puerto, cuyo objetivo es la viabilidad global del proyecto de inversión portuaria. La cuestión es analizar la posibilidad de que la expansión del puerto pueda ser autofinanciada, es decir, que la expansión del puerto se pague con los ingresos generados por la valorización de la congestión. Dekker realiza una combinación de enfoques entre la planificación de la red, la expansión de la capacidad portuaria, la modelación de la demanda de transporte y el requerimiento de financiación de la inversión.

A continuación se realizará una breve revisión de la situación actual de aquellos enfoques utilizados por Dekker, tanto respecto a la planificación de infraestructuras portuarias, como a la planificación del transporte.

##### **4.5.2.- Planificación de la red**

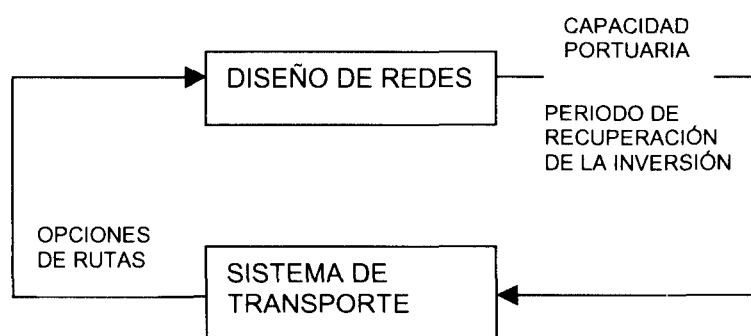
El problema de expansión de un puerto puede caracterizarse como un problema de planificación de redes de transporte. Cada puerto en una red puede ser considerado como un eslabón entre la capacidad y la función de coste de inversión. El objetivo es determinar la capacidad óptima de estos eslabones dada la función de la demanda. En realidad, Dekker supone que el puerto eslabón tiene un peaje dependiente de la demanda reflejada en el precio de congestión del puerto y que el planificador del puerto determina la capacidad del

diseño óptimo, tal que 1) el aumento del excedente al consumidor para los usuarios del puerto se aumenta al máximo, y 2) el coste de la inversión para los dueños del puerto se recupere con los ingresos del precio de congestión del puerto.

El modelo de la demanda se caracteriza por el equilibrio entre la función del coste del usuario para cada uno de los eslabones. El equilibrio es una situación teórica en que los precios (servicios) son mínimos e iguales para servicios homogéneos (rutas de transporte entre orígenes y destinos). En la práctica, los cambios continuos de flujos de carga y los cambios asociados a la congestión del puerto pueden evitar el análisis de equilibrio.

Tanto el supuesto de equilibrio, así como el desarrollo de referencias claras son un buen soporte para analizar el impacto de competencia y expansión. En la ilustración 4-2 a continuación, se representa el problema de planificación de la red, aplicado en la expansión portuaria, como el problema denominado problema de optimización de dos niveles o bi-nivelado (Van Nes, 2001).

**ILUSTRACIÓN 4-2**  
**PROBLEMA DE PLANIFICACIÓN DE RED**  
**COMO PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN DE DOS NIVELES.**



El esquema representa en el nivel superior al planificador que intenta perfeccionar las variables del plan de ampliación portuaria, estos es, la capacidad del puerto y el período de recuperación de la inversión. Mientras que en el nivel menor, los transportistas toman sus decisiones, las opciones de rutas,

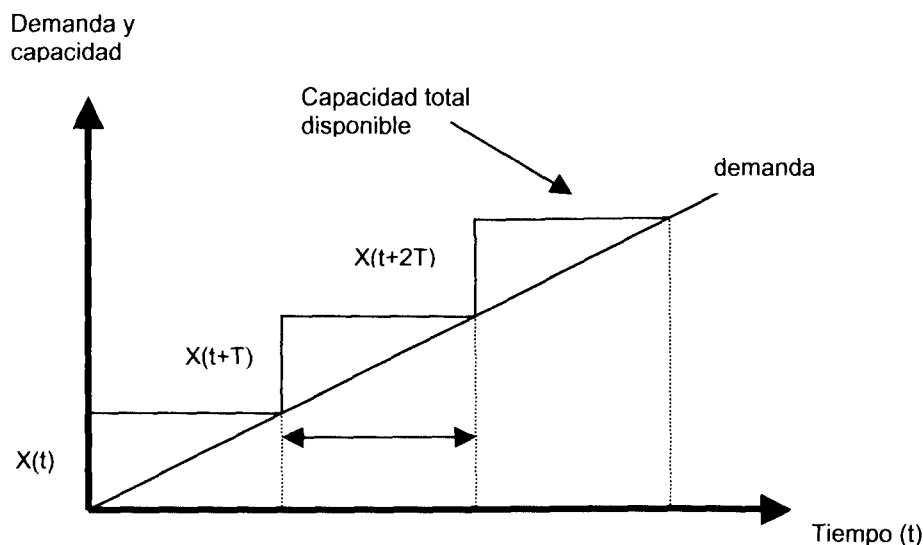


con lo cual se consigue un equilibrio, generándose una condición favorable para el problema de planificación.

#### 4.5.3.- Expansión de la capacidad

La ingeniería de planificación de infraestructuras para la expansión de la capacidad se basa en minimizar el valor presente del coste de inversión de una estrategia de expansión, que comprende intervalos de tiempos regulares de incrementos de capacidad. La proporción de crecimiento de la demanda proyectada, además de las características de la escala de la función de costes de inversión, determinando todos ellos el tamaño del incremento de la capacidad ( $x$ ) en el instante  $t$  y la longitud de los intervalos de tiempo ( $t$ ). En la Ilustración 4-3 se grafica la configuración de la expansión de la capacidad resultante intersectada con la demanda creciente.

**ILUSTRACIÓN 4-3**  
**MODELO DE EXPANSIÓN DE LA CAPACIDAD**  
**INTERSECTADO CON UNA DEMANDA CRECIENTE.**



Fuente: obtenido del trabajo de tesis "Port Investment Towards an Integrated Planning of Port Capacity" del autor Sander Dekker (2005).

Este enfoque incorpora los aspectos de las economías de escala, sin embargo, no incluye otros aspectos esenciales en la decisión de elección de la expansión portuaria. Primero, el criterio de decisión utilizado generalmente en este tipo de problemas, es el valor presente del coste de la inversión. Esto responde adecuadamente a los requerimientos del rol del sector público, así

como a la perspectiva comercial de los puertos. Segundo, la demanda se predice independientemente de la estrategia de la expansión. El problema de expansión de un puerto requiere focalizar la interacción entre la demanda y la estrategia de la expansión para analizar el efecto de la estrategia en la competitividad del puerto.

#### **4.5.4.- Modelo de la demanda de transporte**

Una buena planificación de la capacidad portuaria requiere considerar a cada puerto como un nodo en la respectiva red de transporte. Esto se debe a la reacción producido en un puerto frente a los desarrollos de otras partes de la red de transporte, tal como el ingreso de una nueva ruta vía la competencia o expansión de un puerto. Debido a esto, el efecto de una expansión en la competencia de algún puerto puede analizarse como los efectos producidos bajo el comportamiento explicado por un modelo de demanda de transporte.

De acuerdo a lo indicado por Dekker, las relaciones macroeconómicas no obedecen a las características de la inversión del puerto, pero las proyecciones de demanda basadas en las relaciones macroeconómicas y el mercado específico del puerto a ampliar, son importantes para la evaluación de la decisión de desarrollar el puerto. Sin embargo, generalmente en este proceso de decisión no se incorpora los cambios potenciales en el mercado específico del puerto, como ser, la competencia entre las rutas de transporte. Por lo tanto, Dekker sugiere realizar una combinación de ambos conceptos en una simulación del efecto de competencia con la incorporación del crecimiento debido a la demanda autónoma. En la metodología propuesta en este trabajo, se supone una demanda global compuesta por la agregación de las demandas de cada puerto y sobre ella se estima un crecimiento en un determinado horizonte.

#### **4.5.5.- Financiamiento de la inversión portuaria**

En la planificación de las infraestructuras, cada vez más, el principio del “usuario paga” recibe mayor atención (Dings, 2002, citado por Dekker). La financiación de la inversión, vía los ingresos debido a la valoración de la congestión, es una opción interesante. El concepto de valorización de la congestión implica que el coste de la congestión externa, es decir, el coste de

congestión debido a otros usuarios del camino, es internalizado en el coste percibido por el usuario del camino individual. (Dekker op. cit.) Dicho de otra forma, el usuario paga el servicio de poseer capacidad extra del camino.

Este principio puede aplicarse para valorizar la descongestión producto de una expansión física del puerto, resultando ser una interesante opción para financiar la ampliación del puerto. Para ello, se supone lo siguiente: 1) la congestión del puerto existe, 2) puede definirse como los mejores tiempos ideales de servicio que se puedan lograr en el puerto (esto es entendible al considerar el alto coste de inversión de los buques marítimos, lo que implica manejarlos dentro de los tiempos de servicios más cortos posibles) (Van der Jagt 2004, citado por Dekker), 3) el mecanismo de congestión del puerto es similar a la congestión de los caminos, bajo condiciones estacionarias, a saber, el tiempo de servicio aumenta según la demanda del sistema de capacidad. Es decir, la medida de congestión del puerto debe referirse al tiempo de espera entre los diferentes eslabones en el puerto. Este sistema debe ser sensible a las perturbaciones en uno o más de estos eslabones que causan la congestión global del puerto, y 4) la valorización de la congestión del puerto es similar a la valorización de la congestión de la carretera, es decir, internalizando el coste externo marginal de congestión.

En la aplicación de metodología propuesta, como se indica en el capítulo posterior, se analiza el problema de decidir en que lugar emplazar una nueva terminal dado un mercado global de contenedores que puede ser capturado por cualquiera de las terminales existentes, con su debida ampliación de manera de poder brindar un servicio competitivo, o por la nueva terminal a construir.

Basado en los aspectos analizados por Dekker, resulta interesante visualizar la problemática de determinar la localización de una terminal portuaria considerando la influencia en la competitividad de un puerto por la consecuencia de la presencia de sus competidores. La metodología propuesta en esta tesis, involucra esta componente al considerar el conjunto de las terminales portuarias existentes, las rutas de acceso y las conexiones con las áreas de influencia, muchas veces compartidas, en determinada región, dentro de las alternativas de localización para construir una terminal portuaria o ampliar un puerto preexistente.

#### **4.6.- EXPERIENCIA EN USO DE MODELOS MULTICRITERIOS EN PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN**

En este apartado se entrega una recopilación de trabajos de carácter científico que refleje la experiencia en la utilización de modelos multicriterios para la resolución de problemas de localización de infraestructuras. Esta visión se fundamenta en una revisión bibliográfica y de textos escritos con fines académicos para apoyar la docencia en asignaturas universitarias y de revistas especializadas en el área de investigación de operaciones, particularmente en las técnicas de resolución multicriterios.

Se explicará aquí algunos trabajos en áreas similares a la presentada en esta tesis; como ser el análisis de determinar la localización óptima de aeropuertos, terminales de transporte terrestre y terminales fluviales efectuadas por renombrados investigadores en desarrollar estas técnicas utilizadas en aquellos situaciones en que se consideran más de un criterio y generalmente en conflictos en las evaluaciones de las alternativas de localización. Siendo uno de los temas más ejemplarizante para indicar las problemáticas a resolver, la evaluación de los efectos directos e indirectos cuando se evalúa la creación de mayores infraestructuras de transporte, sea rodoviario, ferroviario, acuático o aéreo.

Justamente uno de los objetivos de ciertas técnicas, tales como el multicriterio o multi-objetivo, es apoyar a los tomadores de decisiones respecto al desarrollo de nuevas infraestructuras de transporte, incorporando las diferencias entre los proyectos individuales y la multiplicidad de objetivos. Ya en los principios de los años setenta se propuso utilizar y perfeccionar estas técnicas para resolver el problema de fusionar los elementos de decisión heterogéneos

En la década de los setentas Tom Saaty expuso su "teoría de jerarquías priorizadas" (Saaty T. A scaling method for priorities in hierarchical structures) y describió la primera aplicación a escala total de su teoría para jerarquizar un centenar de proyectos de transporte aéreos, rodoviarios, ferroviarios, fluviales, y portuarias en el Sudán. La publicación de su libro de texto titulado "El Proceso

de la Jerarquía Analítico” y el software “Expert Choice” ayudó a popularizar el proceso entre los practicantes de investigación de operaciones.

AHP se ha usado en todo el mundo para modelar problemas de asignación de recursos, planificación estratégica, y política pública. Se ha usado para jerarquizar, seleccionar, evaluar, y como punto de referencia de una amplia variedad de alternativas de decisión.

Se han catalogado miles de aplicaciones de AHP, se han categorizado, y se han anotado en volúmenes editados de revistas y libros como los de Golden B, Wasil E, Harker P., Saaty T y Vargas L. en artículos de periódicos como los de Forman E, Gass S. y sitios Web como ser, [www.expertchoice.com](http://www.expertchoice.com).

Otro artículo en la revista Operations Research 2002, escrito por J Malczewski y W. Ogryczak, investigadores del Departamento de Geografía de Canadá, fundamenta y describe una metodología para la resolución al problema de localización basado en técnicas de criterios múltiples (MCLPs) (Multiple Criteria Location Problem).

Las variadas reglas para la toma de decisión de la localización (Isard, 1969) pueden ser clasificados en dos categorías; reglas de optimización y reglas de decisión de satisfacción.

De estos dos enfoques respecto a la toma de decisión sobre la localización, en que uno utiliza reglas de optimización de decisiones (método basado en la función de utilidad) y el otro, basado en reglas de satisfacción de las decisiones (programación por metas), desarrollaron un tercer enfoque, basado en la utilización de reglas de decisión de cuasi-satisfacción. La metodología desarrollada fue el resultado de fusionar estos dos enfoques en una estructura de cuasi-satisfacción para el apoyo de la decisión interactivo (Wierzbicki, 1982, 1983).

Este enfoque de resolución de MCLP opera con un método cuya configuración se basa en un sistema de apoyo de decisión interactivo (DSS) (Decision Support System).

Esto involucra un intercambio de la regeneración de información entre un tomador de decisiones y el sistema de apoyo basado en computadoras. Este

concepto permite la exploración del problema de decisión de localización y las soluciones alternativas del espacio de indecisión y en el espacio de resultado de criterio.

Otra aplicación basada en la utilización de técnicas multicriterio, en particular, a través de programación por metas es la efectuada por Marc J. Schniedejans del Departamento de Administración de la Universidad de Nebraska-Lincoln junto a N. K. Kwak del Colegio de Administración de Negocios de Texas A&M Universidad, y Mark C. Helmer de la Corporación de Transporte de Camiones de East Saint Louis, Illinois

Ellos realizaron un trabajo de consultoría para la gerencia de operaciones de la división de comida líquida de la Corporación de Transporte de Camiones de East St. Louis, Illinois. Trabajaron en resolver el problema de localización de una terminal utilizando modelos de programación por metas, cuantificando los factores de criterio de costes y agregando las preferencias de los individuos que utilizan los servicios de las terminales de camiones.

La decisión de inversión de una terminal para transporte rodoviario requiere realizar un análisis extenso de localización de instalación que consiste en tres fases separadas.

La primera consiste en comprobar el efecto sobre la demanda a consecuencia de un cambio de la localización actual. En la segunda fase se persigue determinar una región amplia de localización, dentro del área de servicio de la empresa de transporte. La proximidad a los mercados actuales y el crecimiento del mercado futuro son los factores determinantes predominantes. La tercera fase, involucra la selección de un sitio específico dentro de la región seleccionada, a través de un análisis comparativo de localizaciones específicas, en base a un sinnúmero de factores de criterio.

El análisis de factor de criterio consiste en una comparación de lo que la empresa tiene presupuestado para el coste de la instalación con los costes estimados en cada uno de los potenciales sitios, los cuales típicamente son el coste del terreno para el sitio, el coste de la eventual construcción, impuestos locales, los costes de mano de obra, los coste de utilidades, y el más importante,

el coste de transporte debido a la distancia desde los mercados primarios hasta los servicios de transporte ofrecidos. El sitio se localiza comparando de los factores de criterio.

Muchas veces se excluye del proceso de localización de sitio, importantes preferencias individuales tanto de funcionarios como de clientes de la compañía. La preferencia individual de un miembro de la compañía respecto a un sitio se basa en la proximidad desde su casa hasta el lugar propuesto. Cuando el funcionario es prescindible, sus preferencias no son consideradas en el análisis. Pero existen situaciones en que la retención del personal es vital para la empresa, al igual que determinados clientes.

Considerar las preferencias de ciertos clientes y funcionarios en el análisis de búsqueda de sitio puede significar la diferencia entre el éxito o el fracaso del proyecto.

Muchas empresas basan su decisión de localización de plantas en los resultados obtenidos sólo de la información de factores de criterio de las tres fases del análisis de localización descritas (Special Report, 1969; Factory Manufacturing, 1970). Sin embargo, ya en décadas anteriores se han desarrollado modelos de localización para incorporar una mezcla de factores de criterios basados en costes y preferencias individuales en el proceso de decisión de la localización de plantas industriales (Lee, Green y Kim, 1981; Lee y Franz, 1979; Student, 1976).

Una de las monografías revisadas que describe una técnica de solución a un problema con características bastante similares al planteado en esta tesis, es el trabajo efectuado por el profesor del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad italiana de Salerno, el señor Antonio Musso.

El trabajo del profesor Musso formula un procedimiento de resolución basado en técnicas multiobjetivo que compara y clasifica las alternativas de proyectos por medio de un algoritmo con reglas de doble beneficios: primero, excluye la valorización de todo tipo recursos, con el fin de valorar únicamente juicios. El propone una clasificación jerárquica basada en la desviación de la supuesta solución ideal con el fin de normalizar la medida del logro del objetivo y, secundariamente, combina la última evaluación con un análisis del coste-

beneficio de manera de poder obtener una serie de funciones de estabilidad capaces de orientar al político hacia la solución óptima del problema.

La aplicación propiamente tal busca evaluar los efectos producidos en los flujos de carga, seguridad vial, polución atmosférica, localización de actividades económicas etcétera en la reciente realización de la propuesta de una red de plataformas de transporte, en Italia, llamado "Interporti" (interports).

El trabajo apunta a identificar un procedimiento basado en la teoría general del análisis multi-objetivo, que excluye el uso de juicios de valor en el proceso de la normalización de la medida del logro del objetivo. Este tipo de modelos entrega una solución óptima al problema y muy rara vez es inconsistente con el problema a resolver. Este modelo resulta ser bastante interesante, debido al que el análisis multi-objetivo o multi criterio se utiliza para resolver problemas con la introducción de valoraciones subjetivas.

El procedimiento propuesto aquí excluye es el uso de juicios de valor dentro del proceso de la evaluación y confía exclusivamente en los análisis de tipo matemático o numérico. Por consiguiente, asume tanto la singularidad de la solución como su no-ambigüedad, un rasgo que es ampliamente corroborado con las series de ensayos sucesivos en que los diferentes grupos evaluaron los mismos proyectos.





## 4.7.- EL MODELO PROPUESTO

Enlazando la materia anteriormente expuesta y convergiendo al propósito de este trabajo, que consiste en proponer una metodología para apoyar la toma de decisión a las personas que deben determinar un lugar apto y conveniente, de acuerdo a los criterios de decisión, para emplazar una terminal portuaria. Esta decisión debe satisfacer, en lo posible, tanto los intereses de los inversionistas que desean realizar un negocio con la actividad portuaria, como de la comunidad, que desea progreso pero sin perjuicios a su calidad de vida y que implique un bajo impacto ambiental.

La materia expuesta hasta ahora conforma los fundamentos de la propuesta de la metodología que se presenta en este epígrafe, para seleccionar la mejor alternativa de localizar un puerto comercial. Antes de iniciar la descripción de la metodología debemos aclarar algunos aspectos de modo que faciliten el entendimiento del proceso de toma de decisión para determinar el lugar donde emplazar una terminal portuaria.

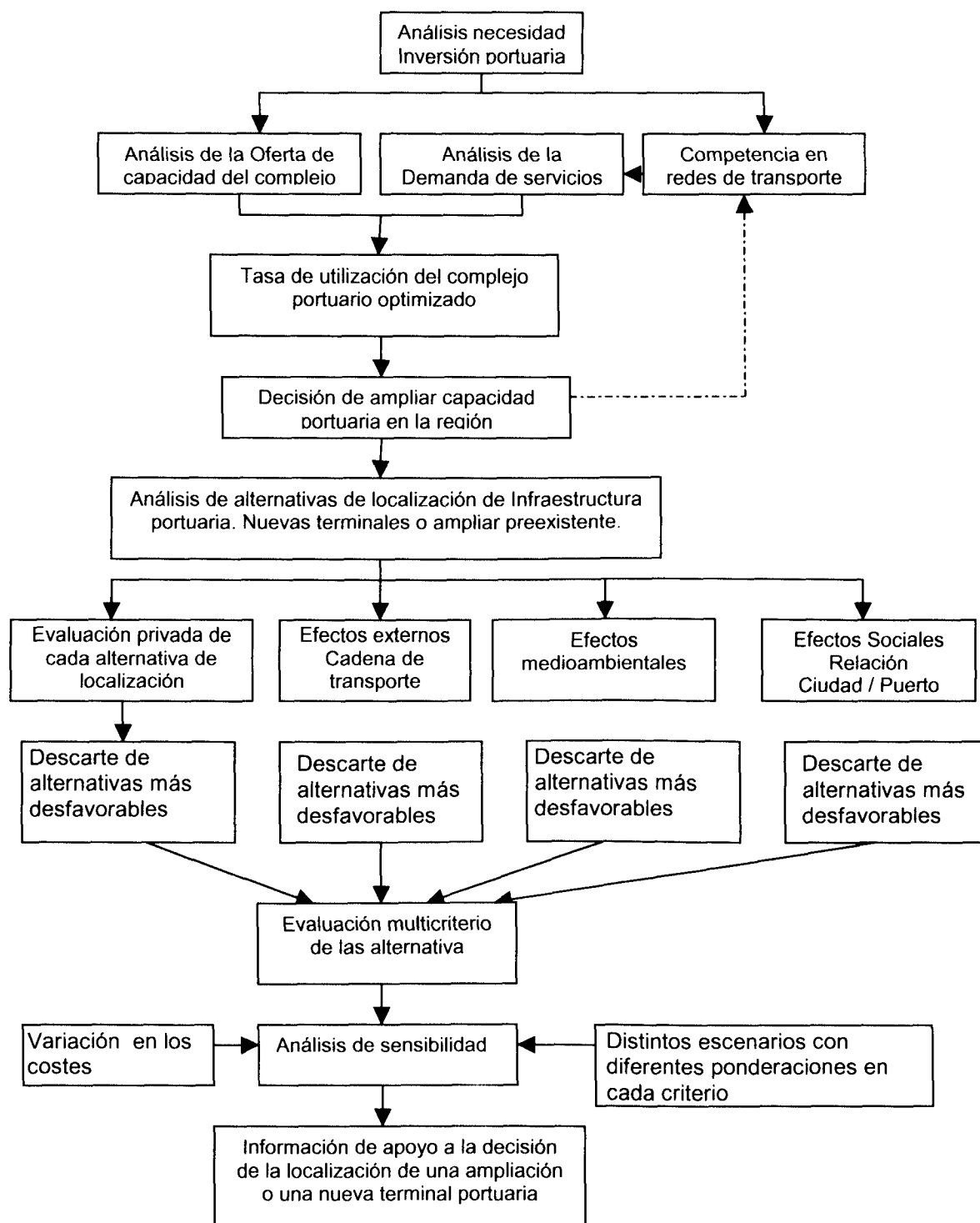
Una de las discusiones que regularmente se presentan en el entorno político y empresarial respecto de la actividad portuaria vinculada a la generación de políticas de desarrollo regional, es precisamente, analizar la conveniencia o no de desarrollar esta infraestructuras.

Será conveniente, si satisface en la mayor cuantía posible los intereses de las personas involucradas con esta actividad. El trasfondo de este problema es justamente que la cantidad involucrada e influida por estas decisiones no son pocas, tanto es así, que la instalaciones de infraestructuras portuarias y de toda la necesaria para su buen funcionamiento (carreteras, espacios destinados a instalación de industrias o al almacenamiento y posible actividad de agregación de valor a la mercancías, entre otras) puede influir en toda una nación e incluso a personas externas a ella.

Por ello, la metodología analiza primero la necesidad de construir una nueva infraestructura portuaria, luego debe verificar la factibilidad técnica de los posibles lugares seleccionados para construir una terminal portuaria y enseguida, mediante técnica multicriterio, evaluar aquellos lugares para

determinar una selección que considere todos los factores de interés de aquellas personas en forma conjunta. A continuación se esboza un esquema de la estructura de la metodología propuesta.

#### ILUSTRACIÓN 4-4 METODOLOGIA PARA OPTIMIZAR LOCALIZACION PORTUARIA



Fuente: elaboración propia basado en enfoque logístico del sistema portuario regional

El proceso de toma de decisión respecto a la elección de un emplazamiento de una infraestructura portuaria se inserta en la actividad de planificación de la capacidad portuaria. Por lo tanto es fácil entender que los tomadores de decisiones respecto a la inversión de una infraestructura portuaria, deban responder básicamente a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cuál es la proyección de la demanda de servicios esperada para los diferentes tipos y volúmenes de mercancías a transportar?
- 2) ¿Cuál debe ser la capacidad portuaria para atender eficientemente las mercancías que permita lograr buenos niveles productivos y arancelarios?
- 3) ¿Cuál es la proporción de utilización y el punto de equilibrio en la demanda para todo el complejo portuario en competencia?
- 4) ¿Conviene o no construir o ampliar alguna infraestructura portuaria?
- 5) ¿Determinada la necesidad de mayor capacidad portuaria, en qué lugar conviene realizarla, de manera de satisfacer los intereses privados, sociales y ambientales?
- 6) ¿Cuáles son aquellas alternativas de localización que en algún aspecto son más desfavorables?
- 7) ¿Qué sucede en el caso de realizar variaciones en algunos de los parámetros influyentes en la determinación de los pesos de cada criterio?
- 8) ¿Qué sucede con las soluciones al considerar distintos escenarios o distintos pesos en los intereses o criterios?

Hoy en día, en gran parte del mundo, en especial en Chile, los proyectos de inversión portuaria se han traspasado en su gran mayoría, por no decir totalmente, del dominio público al dominio privada o mixto, a través de mecanismos de concesión, por lo tanto, el análisis económico se efectuará bajo este precepto con la inclusión de una evaluación de impactos ambientales y sociales, debido a que proyectos de este tipo, utilizan patrimonio público y afloran consecuencias que repercuten en la sociedad.

La metodología propuesta consiste en evaluar bajo un criterio económico combinado con otros de índole ambiental y social la conveniencia o no, de instalar un puerto en determinado lugar, para operarlo durante un horizonte de 25 años. Esta conveniencia se medirá desde el punto de vista privado, pero también desde el punto de vista de la comunidad, la cual es el interés del

representante de dicha localidad, como ser el gobierno regional o alguna autoridad portuaria de alguna comunidad.

#### **4.7.1.- Las variables a considerar**

Las variables a considerar en esta evaluación multicriterio para determinar la mejor alternativa de localización de emplazamiento de un puerto, son en su mayoría costes que difieren de un lugar a otro, dejando fuera de análisis aquellos que permanecen constantes en todas las alternativas.

En este tipo de decisiones de inversión de infraestructuras, en que sus emplazamientos involucran efectos, ya sean positivos o negativos, que al final recaen en la comunidad, deben considerarse como externalidades. Estas externalidades, especialmente las que trataremos en esta tesis, son muy difíciles de valorizar en términos monetarios, sin embargo, con las técnicas de optimización de localización multicriterio, podremos evaluar conjuntamente aspectos económicos, ambientales y sociales, que muchas veces están definitivamente en conflictos. Vale decir, existen alternativas de localización de infraestructura portuaria en que un aspecto o criterio resulta ser muy favorable, pero otro criterio, radicalmente opuesto. Entonces, es precisamente en estas situaciones en que la aplicación de técnicas multicriterios resultan ser útiles de manera que permiten resolver los conflictos entre intereses o criterios.

#### **4.7.2.- Los criterios**

La metodología multicriterio presentada en este capítulo considera tres criterios básicos, estos son: la maximización del Valor Actual Neto (V.A.N.) incremental o la minimización del Valor Presente (V.P.), los impactos ambientales y la relación entre la ciudad y el puerto. Se considerarán estos criterios o intereses desde el punto de vista privado y desde un punto social de manera de capturar información que permita reflejar las externalidades en términos de impactos.

#### **4.7.2.1.- El V.A.N. o V.P. incremental**

Para la obtención del V.A.N. incremental se considerarán los flujos de costes e ingresos por período, de una alternativa, para poder ser comparadas con los demás. El flujo monetario consecuente del proceso diferencial que resulte ser más favorable respecto de su contraparte, es considerado como un flujo positivo. Entonces, el V.A.N. obtenido del cálculo comparativo de los flujos monetarios entre una y otra alternativa, resulta ser un buen indicador para seleccionar la mejor alternativa de localización de infraestructura portuaria cuando se comparan inversiones y costes. En este caso, no consideraremos los ingresos, pues es una constante entre las distintas localidades. Se basa en el supuesto que la infraestructura satisfecerá la misma demanda con iguales precios de servicios y tan sólo variarán algunos costes dependientes de la localidad. En este caso, el flujo incremental deflactado al valor presente, considerará sólo el valor presente de los egresos.

Los factores que se consideran en el cálculo del V.A.N. incremental, son los siguientes:

- **El coste de construcción líneas de atraque:**

Se analizan las obras para líneas de atraque requeridas para atender una demanda similar en las distintas alternativas. Esta puede variar desde una alternativa de localidad a otra, dependiendo del valor de la materia prima en esa localidad, vale decir, del valor de la materia prima y su transporte al lugar de construcción. Además, el coste de construcción de líneas de atraque dependerá, entre otros factores, de las características del suelo, subsuelo, batimetrías y el clima.

- **El coste de dragado:**

Este coste también varía según la localidad. Depende de gran manera del tipo de suelo y la batimetría de la zona. Se cubica la cantidad de material a ser dragado y se determina los costes asociados. La actividad de dragado es influye con importancia en la estructura de costes, sobretodo cuando el dragado debe realizarse en forma periódica.

- **El coste de obras de abrigo:**

Se analiza la factibilidad técnica y económica para la construcción de obras costeras de abrigo. Esta infraestructura, aunque de un valor considerable, puede ser determinante para seleccionar un lugar de emplazamiento de una infraestructura portuaria. El dique de abrigo permite operar las actividades portuarias en zonas de alta oscilaciones verticales y horizontales, pues su objetivo es justamente disminuir el oleaje en los lugares de trasbordo, tanto de mercancías como de pasajeros.

- **El coste por superficie:**

Se analiza la disponibilidad de terreno para ampliaciones y su valor de mercado. En caso de no poder ampliar el puerto por no poseer reservas propias se analizará el coste de adquirir terrenos aledaños. Cabe la probabilidad de que no sea posible una adquisición de terrenos aledaños, puesto que requieren autorizaciones de cambio de uso de suelo a las instituciones y de otras especificaciones legales.

- **El coste por acceso:**

Este coste se refiere a la inversión que se debe efectuar para conectar las carreteras y líneas férreas al puerto. Está determinado por las distancias entre los puntos de conexión y de los valores propios de insumos.

- **El coste por conexión servicios:**

Los servicios como el agua potable, alcantarillado, energía eléctrica y gas, así como las líneas para comunicaciones también deben ser considerados al momento de comparar entre ampliaciones portuaria y nuevas instalaciones portuarias. Sus costes quedan determinados de acuerdo a las distancias entre los puntos de conexión y de los valores propios de los servicios de conexión de cada compañía.

- **El coste por construcción de edificación:**

El coste por edificación se refiere al coste por concepto de realizar la edificación de un lugar apto para realizar las labores administrativas y operacionales dependientes de la actividad que generará la construcción de un nuevo puerto.

- **El coste por ampliación de parque de almacenamiento:**

Junto a la construcción de las líneas de atraque, debe determinarse una superficie para el almacenamiento de la mercancía. Este lugar debe ser preparado adecuadamente para recepcionar y almacenar la carga en condiciones óptimas. El coste por ampliación de parque de almacenamiento constituye las inversiones respectivas tales como el pavimento, instalaciones para carga a granel o contenedorizada, según sea el caso, para contenedores con sistemas de frío, bodegas, carpetas para el tráfico de grúas o máquinas porta contenedores, camiones o ferrocarril. También se debe tener presente las conexiones de energía eléctrica hacia el parque de almacenamiento y agua para lavado de posibles derrames, con sus canalizaciones de evacuación de acuerdo a las normativas que rigen para estos casos.

- **El coste por adquisición e instalación de equipos para la operación:**

Uno de las inversiones más significativas después de la infraestructura portuaria, son los equipos de descarga y de carga. Estos son significativos por su elevado coste y la significancia en la determinación del rendimiento de las operaciones portuarias, punto de suma importancia a la hora de determinar la rentabilidad del negocio portuario, tanto desde un punto de vista privado o comercial, como público.

- **El coste por nuevo personal:**

El realizar una nueva obra portuaria, así como ampliar un puerto, requerirá mano de obra en la construcción de ella, pero en el momento de comenzar a operar estas nuevas instalaciones, se requerirá nuevo personal para atender las necesidades que ella genere. Este coste en mano de obra, es de carácter permanente, mientras exista la operación y su valor dependerá de la especialización requerida, de la oferta existente, el lugar en que se localice el puerto.

- **El coste por equipos de gabinete:**

Los equipos para realizar las labores administrativas de un puerto, no son despreciables. Entre ellos se encuentran los computadores y los softwares correspondientes, sistemas de comunicaciones y de medición de parámetros en las líneas de atraque como en el parque de almacenamiento. Un puerto posee equipos de apoyo al trabajo administrativo desde la entada del puerto



hasta su salida, permitiéndole ser cada vez más eficiente en el control de la operación y seguridad portuaria.

- **El coste por administración:**

En realidad este es un gasto que transcurre a lo largo del tiempo y dependerá de las políticas de cada empresa portuaria. En cuanto a las nuevas instalaciones portuarias, así como en las ampliaciones se requerirá atender los nuevos movimientos de mercancías, lo que conlleva un aumento en los gastos administrativos.

#### **4.7.2.2.- Los costes externos**

En la actividad portuaria se involucran distintas organizaciones, en que el trabajo coordinado y conjunto de ellas, permite una eficiencia en toda la cadena de transporte, entonces debemos considerar los costes que repercuten en estas otras organizaciones producto de localizar la actividad portuaria en determinado lugar. Una de estas actividades que puede variar notoriamente con la definición de la localidad de una infraestructura portuaria es la referente a la navegación y manipulación de la nave al puerto.

También debemos considerar a los transportistas encargados de trasladar las mercancías desde el origen generadoras de carga hasta el puerto y desde el puerto al hinterland. Por lo tanto, para determinar los impactos directos en las actividades ejercidas por otros actores de la actividad portuaria, se consideran los siguientes costes:

- **El coste transporte terrestre entre puerto e hinterland:**

Se analizan los costes de transporte del puerto al hinterland y viceversa para cada alternativa de localización y según la modalidad de transporte (tren, camión, buque o avión). Para la operación de cálculo de este coste se puede apoyar con una metodología apoyado en sistemas de información geográfica, el cual puede almacenar información georeferenciada de cada generador de carga y los destinos de estas con las correspondientes vías de comunicación con el puerto o localidad que conforma una alternativa en estudio.

- Unas de las metodologías que pueden ser utilizadas para la obtención de los costes de transporte terrestre desde y hacia el hinterland de cada localidad en que se pretende emplazar un puerto, es la utilización del cuadrículado o mallado de la superficie en estudio, en que a cada cuadrícula se le asocia atributos que sean significante para el cálculo del coste, como ser el caso de que en ese cuadro se localice una empresa generadora o receptora de carga, la existencia o no de ruta ferroviaria o rodoviaria, la existencia de peajes, tipo de carpeta de rodado entre otra información. Este mallado también puede abarcar regiones de países vecinos como ser en el caso de Chile Central con Argentina Central, lo que implica que en los datos del hinterland, puede agregarse los posibles corredores entre países vecinos.
- Diferentes técnicas de procedimientos de cálculos pueden ser utilizados para la obtención del coste de transporte terrestre, independiente del apoyo de sistemas de información geográficos. Ellas se explican de mejor forma en el anexo 3.

- **El coste de transporte marítimo de la naviera:**

Este es el coste que implica el traslado de una nave al puerto localizado en la alternativa a evaluar prorrateado con la cantidad de mercancía a embarcar. Este coste se incrementa a medida que la cantidad total del embarque de todos los clientes disminuya. Por lo tanto resulta ser más atractivo aquella alternativa de localización que aglomere mercancías de tal modo que la distribución del coste de trasladar la nave a dicho lugar resulte ser menor.

La determinación del coste de transporte marítimo varía al aplicar diferentes métodos de cálculo. También difiere al utilizar distintos criterios en la imputación de determinados consumos, en particular, aquéllos cuya incorporación al coste se produce vía indirecta, como las amortizaciones.

Asuntos relacionados con la problemática marítima, como las inversiones para mejoras en las condiciones propulsivas de los buques de una flota, la adecuación del buque al tráfico, el planteamiento en profundidad de un estudio sobre política de fletamento frente a compra de buques usados o nueva construcción de buques, entre otras deben basarse en el conocimiento de la estructura de costes de explotación del buque.

El conocimiento de la estructura de costes permitirá valorar los distintos factores integrantes, en definitiva, los resultados económicos de la explotación, que será distinta, dependiendo de los tipos de buques que se consideren, de sus tamaños, de los tráficos a servir, de las modalidades de explotación económica, etc.

Sin embargo, contrariamente a lo que muchas veces se piensa, en sectores del transporte marítimo concretamente en el mercado de buques de navegación libre o tramp, modalidad en que los precios son fijados por el libre juego de la concurrencia, la determinación del precio de venta del bien o servicio es independiente de la estructura de costes.

Por tanto, el flete poco o nada tiene que ver con el coste del transporte marítimo, ya al ser fijado por las condiciones de equilibrio de oferta y demanda, el naviero no lo impone en función de sus costes, sino que lo acepta como consecuencia de las leyes del mercado, y buena prueba de ello son las situaciones de crisis prolongada que padece periódicamente el sector marítimo. Ello no quita importancia, ni mucho menos, a la necesidad de que las empresas navieras conozcan y controlen sus costes, que habrán de ser, en todo caso, punto de referencia inexcusable para el conocimiento de la situación y base de partida para la toma de decisiones por parte de los armadores.

- **El coste de no operación:**

Este se genera a partir de la orden de la capitanía marítima del lugar de cerrar los puertos por tiempos extremos que pueden provocar daños a personas y a las máquinas de transportes, equipos e infraestructuras. También se produce un coste por no poder operar adecuadamente cuando sin existir orden de cerrar el puerto, la mercancía no es posible de embarcar por lluvia.

#### **4.7.3.- El criterio ambiental**

Uno de los criterios con mayor percepción en la sociedad y que cada día cobra mayor caución por parte de los organismos que resguardan el bien público, a la hora de evaluar sus impactos, es la intervención causado al medio ambiente producto de la construcción y posterior operación de una obra, con

mayor razón si esta se localiza en la costa y genera externalidades, tal como sucede con la gran parte de obras públicas de transportes, entre ellos los puertos. Dentro de los aspectos ambientales a considerar, se evaluarán los siguientes factores:

- **Restricciones medio ambientales:**

El hecho de alojar una obra costera de actividad de trasbordo de mercancías provoca intervenciones en el medioambiente. Estas intervenciones pueden variar según la localidad en que se desarrollarán dichas actividades. Debido a que los impactos ambientales son dependientes de la localidad, se considerarán para las distintas alternativas. En cada localidad a ser considerada, se analizan restricciones medio ambientales, transporte de sedimentos, área de reservas naturales, protección seres vivos e impacto al turismo.

- **Impactos ambientales causados por el puerto en su etapa de construcción**

En el momento de construcción de una obra en el litoral costero, se producen impactos sobre la flora y la fauna, tanto en la superficie terrestre, como en el ambiente acuático. Por lo general, en el territorio costero existen humedales, rías y estuarios con un sinnúmero de seres vivos que pueden ser dañados en el momento de construcción de una infraestructura costera. Estos impactos deben ser considerados por los tomadores de decisiones respecto al lugar del emplazamiento de una terminal portuaria.

- **Impactos ambientales causados por la operación del puerto**

De forma similar a lo explicado anteriormente, durante la operación del puerto también ocurren intervenciones al medio ambiente. Por lo tanto, estas también se considerarán en la evaluación de alternativas de localizaciones.

- **Impactos ambientales causados por el abandono del proyecto**

El abandono del proyecto también provoca alteraciones en el medio. Sin embargo, para esta ocasión se considerará un coste por desarme y retiro de la infraestructura y los costes producto de las actividades que aseguren una minimización en el impacto al ambiente, de carácter

uniforme, para las distintas alternativas de localización. Por lo tanto, no se considera en la aplicación.

#### **4.7.4.- El criterio de relación ciudad-puerto**

La relación de los habitantes de la ciudad donde se aloja el puerto con las autoridades y personal administrativo del puerto se entorpecen más complejas a medida que el puerto crece junto a la ciudad. Los ciudadanos cada vez ejercen mayor presión sobre las autoridades que toman las decisiones respecto a nuevas ampliaciones portuarias. No solo debido a estas presiones deben considerarse los argumentos de estos habitantes, sino que es un criterio ético y de sentido común el respetar las opiniones vertidas de la opinión pública respecto a las actividades del sector portuario. Estas relaciones muchas veces son recíprocas, es decir, la actividad portuaria también se dificulta a medida que el puerto crece junto a la ciudad. Ejemplo de ello es el tráfico de camiones por medio de la ciudad con destino al puerto, dificultad para desenvolver la actividad de desarrollo portuario, actividades propias de descarga que interfieren con el buen vivir de los habitantes en la vecindad del puerto, como ser, suspensión de partículas en el atmósfera, ruidos y otras consecuencias perjudiciales a la población, que muchas veces obligan al puerto a bajar sus rendimientos.

## **4.8.- ETAPAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO**

La metodología propuesta en este trabajo posee la finalidad de apoyar al proceso de toma de decisiones respecto a la determinación de la selección de la mejor alternativa, entre varias, de emplazar una terminal portuaria, sea esta una nueva terminal o la ampliación de una preexistente, con el fin de brindar servicios a la carga incremental. Esta metodología, se compone de tres etapas básicas, las cuales se explica sintéticamente a continuación.

### **4.8.1.- Primero etapa: Macrolocalización**

Efectuando un análisis estratégico, apoyándose en la misma metodología propuesta pero con un nivel de información agregada es posible determinar una macroregión de localización de infraestructura portuaria.

En esta primera etapa cabe la posibilidad de dejar descartados potenciales lugares en que se desee construir un puerto por razones estratégicas. Es así que en el caso chileno que se consideró para hacer una aplicación, se descartaron alternativas de localizaciones después de haber evaluado varias alternativas. La localidad descartada fue debido a su pluviometría. Esta es de tal magnitud que el coste de no operación portuario y el coste de oportunidad de transportar mercancías derivados del sector maderero, en su gran mayoría, pulpa y papel, en un período importante del año, dejó inmediatamente fuera de análisis construir un puerto en dicha zona, debido que aún no se conoce un puertos con alguna infraestructura que no permita que la lluvia afecte la carga a granel en el proceso de estiba a una nave.

### **4.8.2.- Segundo etapa: Microlocalización:**

Luego se determinan los costes cuantificables que incurren las actividades involucradas, esta vez en forma más desagregada. Estas se hacen con un horizonte determinado, generalmente coincidiendo con el período de la concesión. Muchas veces existen proyectos de ampliación de un puerto que se debe considerar como una alternativa más dentro de las posibilidades de construcción de infraestructura portuaria.

Se realiza los cálculos en planilla electrónica u otras herramientas que pueden integrarse a un sistema de información geográfico, pues mucha información como ser orografía costera, suelo marino, ubicación de movimiento de subsuelo marino y dragado, rutas terrestres, planos de urbanizaciones entre muchos otros están indexados a una referencia geográfica.

Luego se agrega los factores difíciles de cuantificar como el impacto ambiental, relación ciudad puerto entre otros.

Como dentro de la gama de probabilidades es posible que se pueda dar el hecho que un lugar resulte económicamente conveniente pero las externalidades en impacto ambiental o relación ciudad puerto sea muy elevada respecto a otras alternativas de construcción de puerto y posterior operación de este, esta metodología de análisis multicriterio determina la mejor alternativa en forma equilibrada.

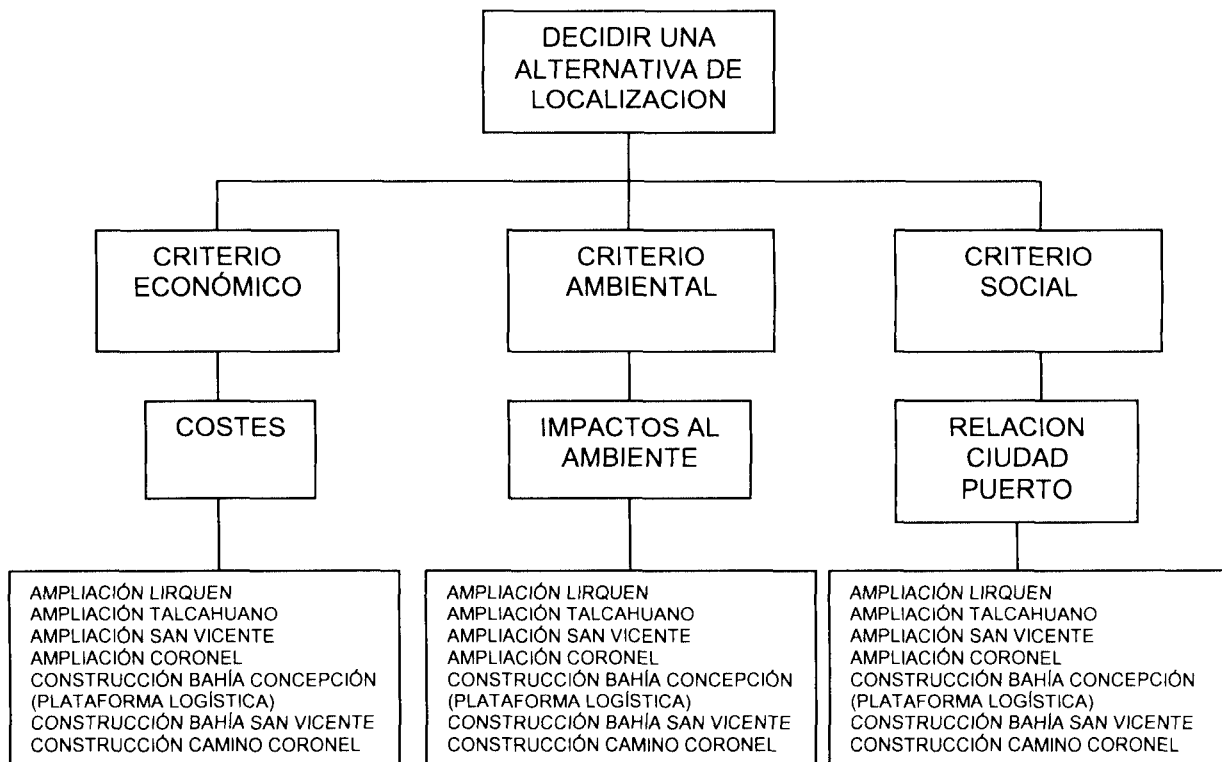
#### **4.8.3.- Tercera etapa: Optimización multicriterio:**

Esta etapa es el corazón de la metodología. Una vez obtenido los costes y demás valores a considerar se determinan las ponderaciones de estos criterios y verifican sus consistencias, mediante las técnicas de verificación de consistencia realizada por Saaty.

Con estos datos, es posible alimentar el modelo multicriterio introduciendo la información pertinente para luego proceder a la resolución mediante alguna técnica multicriterio. En este trabajo se ha elegido el método de solución AHP (Analytic Hierarchy Process).

A continuación se presenta un esbozo explicativo del esquema de resolución del problema de localización de puertos mediante técnica multicriterio.

### ILUSTRACIÓN 4-5 ESQUEMA DE RESOLUCIÓN PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN DE PUERTO MEDIANTE TÉCNICA MULTICRITERIO



Fuente: elaboración propia



#### **4.9.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

Por último, para obtener información de apoyo a los tomadores de decisión respecto a la localización más conveniente de una infraestructura portuaria, considerando múltiples criterios, es conveniente realizar análisis de sensibilidad. Es decir, entregar información del comportamiento de las priorizaciones en la solución al variar algunos de los parámetros que sean de interés modificar.

Uno de los cambios que generalmente se analiza en este tipo de técnicas multicriterio, son las ponderaciones de los criterios y de cada alternativa de localización. Pero también es útil para entregar más información a los decidores, de manera que puedan realizar variaciones en los costes u otros datos que soporten las bases de datos utilizadas para la obtención de los indicadores que se empleen en cada criterio a considerar y en cada alternativa a evaluar.

La técnica AHP es una herramienta que cada vez más, está siendo utilizada para efectuar análisis a problemas multicriterio. Expertchoice es un programa computacional que calcula rápidamente la priorización de las alternativas de solución, pudiendo realizar varios tipos de análisis de sensibilidad, entregando la información de los resultados en forma gráfica e interactiva, lo cual permite realizar sensibilizaciones dinámicas y con ello comprender de mejor forma el comportamiento de la solución, frente a cambios en los parámetros.

En la aplicación de un caso de evaluación para una alternativa de localización para desarrollar actividad logística-portuaria en la VIII región de Chile, se utilizó precisamente este software, en una versión adelantada, ofrecida libremente en la red Web, cuya primera versión fue diseñado por Saaty hace varios años.

## **5: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN LA VIII REGIÓN DE CHILE**

### **5.1.- INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se presenta la información necesaria para poder efectuar una aplicación de la metodología propuesta en el capítulo anterior. Quizás sea este apartado el más atractivo, debido a la posibilidad de brindar una respuesta a interrogantes planteadas en columnas escritas en la prensa por representantes del gobierno regional que manifiestan el interés por parte del gobierno en generar las condiciones infraestructurales que permitan impulsar polos de desarrollos a través de la actividad logística y portuaria, así como personeros de oposición al gobierno que manifiestan y hacen notar un interés por parte del sector público, inusitado ante la opinión pública, en fomentar el uso de zonas territoriales subordinadas administrativamente a las municipalidades con la finalidad de colaborar con el desarrollo de la actividad logística portuaria.

Las autoridades universitarias varias veces han sido llamadas a dar una opinión al respecto y en muchas ocasiones se han visto obligadas a permanecer al margen de estas opiniones por estar en ese momento con un débil conocimiento del tema. En ese sentido, este trabajo ha permitido conocer en mayor profundidad la problemática del uso del suelo para actividades vinculadas a la portuaria, con lo cual, una vez finalizado, se podrá utilizar como base para verter un argumento a la opinión pública y entregar más detalles, tanto a funcionarios de gobierno como porta voces de la oposición y otras entidades que requieran información al respecto.

La problemática en cuestión radica en la existencia de una superficie con opciones de ser destinado al desarrollo de un área para establecer un soporte a la actividad logística. El territorio disponible está localizado en la interfaz entre la orilla de la Bahía de Concepción y la Ciudad de Concepción, siendo sus propietarios mayoritarios de carácter privados, pero una extensión considerable pertenece a la armada de Chile.

Es interés del autor analizar en mayor profundidad esta opción, utilizando la metodología propuesta para determinar la conveniencia o no de usar dicha superficie en actividades vinculadas al sector portuario, de almacenamiento, de transporte multimodal o de agregación de valor a la mercancía, en definitiva, a sus actividades logísticas.

La metodología propuesta para localizar una infraestructura portuaria se aplicará para el estudio de este caso en particular, con la inclusión de agregar al potencial uso del suelo en cuestión, la construcción y posterior explotación de un puerto comercial.

Cabe hacer notar que además de la localización antes mencionada, existe interés de las autoridades regionales, por lo tanto del autor, en analizar y evaluar otras alternativas de localización de desarrollo de infraestructura portuaria, que indicaremos en el siguiente punto.

## 5.2.- PRESENTACIÓN DEL CASO DE APLICACIÓN EN CHILE

En el proyecto que el gobierno ha fomentado para el desarrollo de la actividad industrial y logística, no se contempla la construcción de un puerto. Sin embargo, en este trabajo de tesis doctoral se ha incorporado en la evaluación de los lugares de emplazamiento de una nueva terminal, la conveniencia de reservar un área para la construcción de un puerto. Este espacio de reserva está situado a orillas de unas de las bahías con menor agitación existentes en Chile. Esta bahía, de más de cuarenta kilómetros de profundidad en planta, abierta al norte, en la que se aloja la isla Quiriquina que la protege de las tormentas de mayor energía provenientes del norte. Este abrigo natural impide la propagación de estas olas, pero difracta también las más persistente, aunque más suaves que provienen del Sur y del Oeste.

Uno de los inconvenientes que hace descartar la construcción de puertos, quizás muchas veces en forma precipitada, radica en los fondos de escasa pendiente arenosos y poco profundos, obligando a construir unos tres kilómetros mar adentro para alcanzar una profundidad de diez metros. Sin embargo, una evaluación como la que se propone aplicar en este trabajo, puede arrojar resultados que resulten ser interesantes para la construcción de un puerto en esta bahía, sobre todo que ya quedan muy pocos espacios de abrigo natural para construir un puerto. Además, no sólo éste es un factor de importancia para instalar un puerto, sino que existen variados aspectos que inciden en los costes totales, tal como se indicó en el capítulo cuarto, siendo el conjunto de estos costes lo que determinará la decisión, que a priori es difícil de visualizar.

Esta alternativa de localidad para construir puertos no es la única y tal como la metodología exige, deben evaluarse más de una alternativa de localización de puertos para una zona específica. En este caso, se analizarán alternativas de construcción de una terminal en diferentes partes del litoral costero de la VIII Región de Chile en conjunto con diferentes alternativas de ampliaciones de puertos de la región.

Las alternativas a considerar en la presente aplicación correspondiente a las localizaciones posibles para la construcción de una nueva terminal portuaria

(Arauco-Cañete, ancho medio 25 kilómetros); Cordillera de la Costa, que en el Norte se diluye en una serie compleja de lomeríos con cuencas intermontañas, en contraste con el aspecto de muro que presenta en el Sur; Cordillera de Nahuelbuta; Depresión Intermedia, de gran amplitud en la parte Norte de la región; la Montaña y la Cordillera de los Andes.

Su geomorfología costera involucra varias bahías y el Golfo de Arauco al sur de la región. Las principales bahías de la región, entre ellas una de las más protegidas del sur de América es la Bahía de Concepción que aloja en su interior la Isla Quiriquina. Al sur de la desembocadura del río Bío Bío se ubica la bahía de San Vicente y en el litoral costero de la ciudad de Coronel, la bahía de Coronel que colinda al sur con la Bahía de Lota, ambas alojadas en el interior del Golfo de Arauco, el cual contiene en sus aguas interiores a la Isla Santa María. Para mayor claridad ver las ilustraciones al final de este punto.

Su clima es templado cálido con estación seca y lluviosa semejante; templado lluvioso, y de altura. Se aprecian variaciones térmicas y pluviométricas por efecto de latitud y altitud.

Los ríos de la Octava Región tienen régimen pluvio-nivoso, registrándose el caudal mínimo entre enero y abril. Destacan, por su magnitud, el Itata en el norte y el Bío Bío en el sur. Son afluentes del Itata, el Diguillín, Larqui y el Ñuble y del Bío Bío, el Vergara y el Laja.

La Región del Bío Bío, según el censo de población de 2002, registró un total de 1 millón 861 mil 562 habitantes, de los cuales 915 mil 200 son hombres y 946 mil 362 mujeres. Su capital es la ciudad de Concepción con 216 mil 061 habitantes. La densidad es de 50 habitantes por kilómetro cuadrado. La tasa media estimada de crecimiento anual, para el período 2000-2005, es de 0,99 personas por cada 100 habitantes.

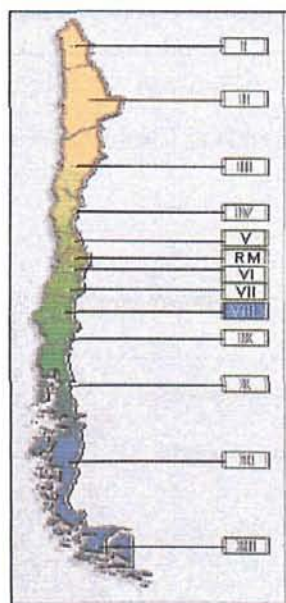
La actividad económica de la Octava Región se sustenta en una fuerte base exportadora proveniente de la actividad forestal, pesquera e industrial. El año 1999 exportó 6,4 millones de toneladas, con un retorno de 2.086 millones de dólares, destacando la celulosa, madera, harina de pescado, productos congelados y acero. Cuenta con cinco puertos comerciales que en el año 1999

movilizaron 10 millones de toneladas en transporte de carga de navegación exterior. Existen cinco centrales hidroeléctricas que aportaron 6,6 miles de GWH, un 18% de la generación nacional de energía eléctrica. Para mayor información ver anexo 5.

La región del Bío Bío presenta cualidades que se podrían denominar ventajosas respecto de otras respecto a las condiciones para desarrollar la actividad portuaria. Estas condiciones radica en la existencia en la zona de 10 terminales administrativamente independientes unos de otros, emplazados en una distancia no mayor a los 60 km..

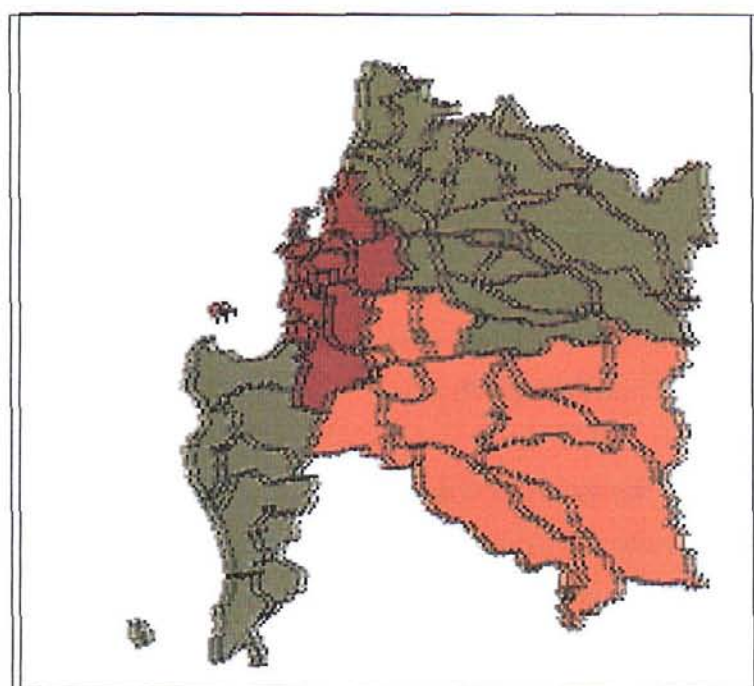
Además, en la proximidad de las infraestructuras costeras actuales se sitúa un aeropuerto cuyas dimensiones, instalaciones y el servicio prestado son de carácter internacional. También en la cercanía de estas terminales portuarias se aloja un terminal de ferrocarriles que conecta el modo ferroviario al resto del país. En la siguiente imagen se visualiza la Región del Bío Bío.

**ILUSTRACION 5-1**  
**LOCALIZACIÓN VIII REGIÓN EN CHILE**



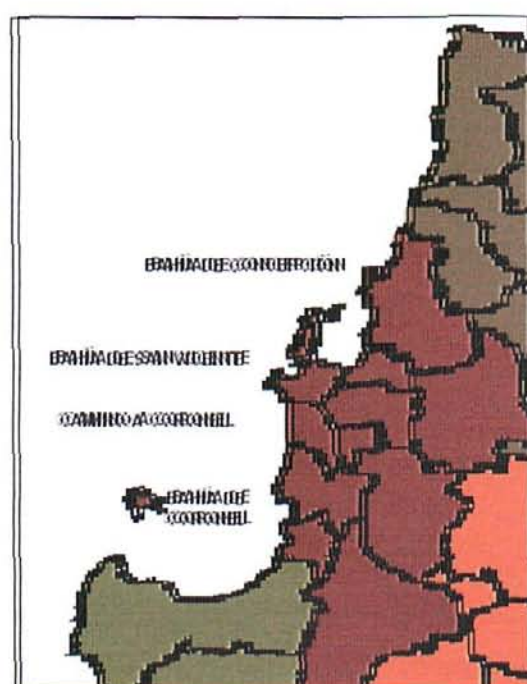
Fuente: [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)

**ILUSTRACIÓN 5-2**  
**COBERTURA GEOINFORMACIÓN VII REGIÓN DEL EBÓRBOD DE CHILE**



Fuente: [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)

**ILUSTRACIÓN 5-3**  
**COBERTURA AMPLIADA DE LA ZONA DE LAS ALTERNATIVAS**



Fuente: [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)

### 5.3.2.- Características del complejo portuario de la VIII Región

El complejo portuario de la VIII región de Chile es particularmente característico debido a su gran número de terminales distribuidos en una zona colindante a las ciudades de Lirquén, Penco, Talcahuano, Concepción, Coronel y Lota. La distancia entre terminales portuarias, con administración independiente cada una de ellas, es decir, empresas distintas, no supera los 30 kilómetros. De hecho, entre el primer terminal portuario, Lirquén (indicado desde el norte hacia el sur del litoral costero) y el último de importancia, Coronel no se superan los 60 kilómetros. Este complejo portuario dista unos 300 kilómetros de San Antonio, ubicado al norte y unos 600 kilómetros de Corral, puerto localizado al sur del complejo portuario de la VIII Región.

El movimiento que se realiza en todo el complejo portuario de la VIII Región no supera al movimiento de carga que se realiza en el puerto de San Antonio. Sin embargo, muchos personeros de entidades vinculadas al gobierno señalan que esta región posee ventajas sobre sus competidores vecinos, asunto que se analizará en este trabajo. Información más detallada relacionada con el movimiento de carga se encuentra en el anexo 3.

En la VIII región existen 10 terminales portuarias cada una con una administración distinta. Las empresas portuarias que ofrecen servicios de trasbordo de mercancías son:

**CUADRO 5-3**  
**EMPRESAS PORTUARIAS DE LA REGIÓN DEL BÍO BÍO**

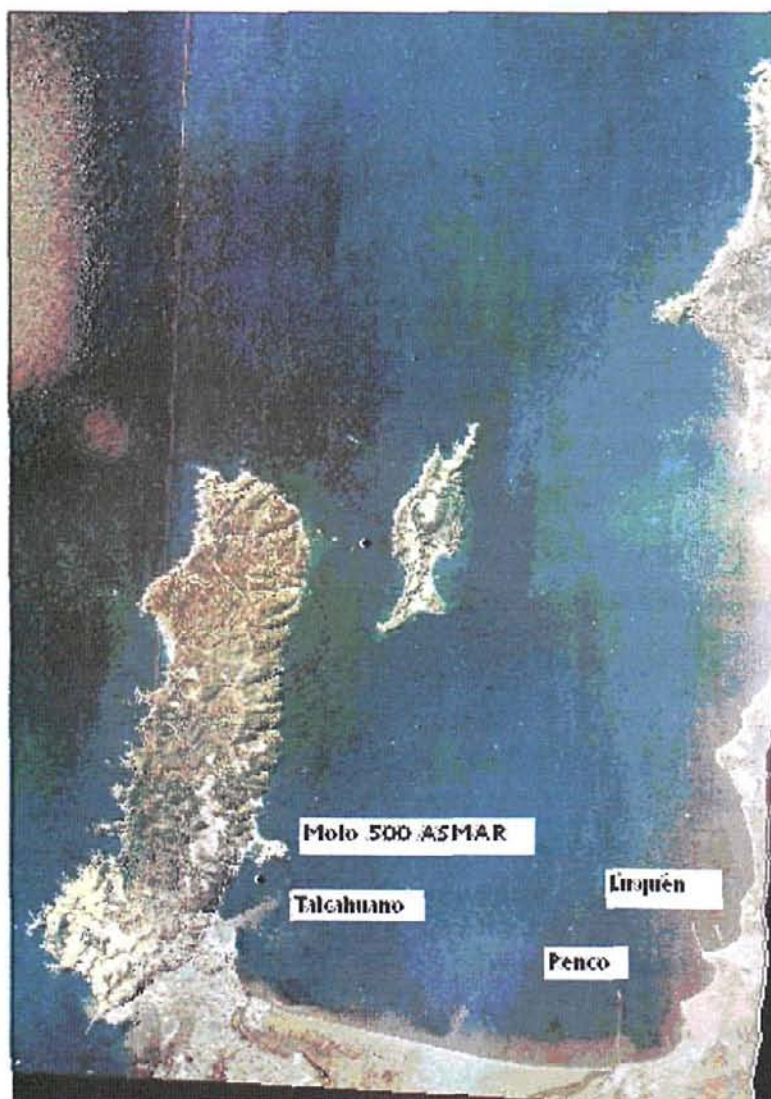
Puerto de Lirquén
Muelle de Penco S.A.
Puerto de Talcahuano
Molo 500 de ASMAR (Astillero y Maestranza de la Armada de Chile)
Puerto de San Vicente
Portuaria, Puchoco S.A.
Puerto de Coronel
Muelle de CAP (Compañía de Aceros del Pacífico)
Muelle Gasero de Abastible
Puerto de Lota

Fuente: elaboración propia



Para una mejor visualización de las localizaciones de las terminales portuarias en el litoral de la Región del Bío Bío, se presentan fotografías aéreas de la zona en que se emplazan dichas instalaciones.

**ILUSTRACION 5-4**  
**BAHÍA DE CONCEPCIÓN E ISLA QUIRIQUINA**



Fuente: CONAF/CONAMA Foto N° 0024846

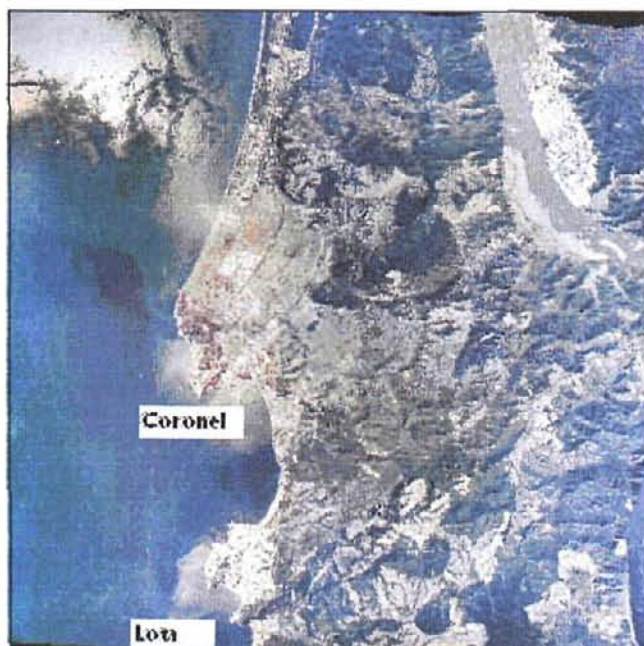
En la siguiente imagen se observa la Bahía de San Vicente, en cuya costa se localizan los puertos de San Vicente, Muelle CAP y muelle Gasero de Abastible.

**ILUSTRACION 5-5**  
**BAHÍA DE SAN VICENTE E INSTALACIONES PORTUARIAS**



Fuente: CONAF/CONAMA Foto N° 0024847

**ILUSTRACION 5-6**  
**BAHÍA DE CORONEL E INSTALACIONES PORTUARIAS**



Fuente: CONAF/CONAMA Foto N° 0024844  
sinia@conama.cl COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

#### **5.4.- DATOS, PARÁMETROS Y VARIABLES A CONSIDERAR EN LA APLICACIÓN**

En este subcapítulo se indican los datos, parámetros y variables considerados en la metodología presentada y que son requeridos para efectuar en forma coherente la aplicación efectuada para la determinación de la localización más adecuada de las diferentes alternativas de solución, bajo un enfoque multicriterio, en que los criterios de evaluación de los decisores cobran real importancia.

Durante el estudio se hizo necesarios presentar, describir y analizar datos, parámetros y variables con la finalidad de llevar a un buen término la aplicación, queriendo decir con ello, que la metodología propuesta y llevada a la práctica, pueda arrojar un resultado coherente con los características propias de cada zona considerada como alternativa de construcción o ampliación de infraestructura portuaria.

##### **5.4.1.- Geomorfología y consideraciones ambientales**

Los procesos volcánicos y tectónicos durante el Terciario, y el modelado posterior del relieve en el Cuaternario, dieron origen a las principales unidades geomorfológicas de Chile: Planicies Litorales, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes, todas con una orientación norte-sur.

En la VIII Región se concentra el 31,6 % del litoral arenoso-deposicional, en que el 50% de las líneas arenosas presenta un retroceso reciente y una parte importante de ellas sufrió subsidencia tectónica. Esta región es una de las cuales se presenta la mayor turbidez específica de los ríos y los aportes de sedimentos son seguramente los más importantes, lo que justifica la mayor frecuencia de playas. Los afloramientos de los sedimentos terciarios blandos son muy comunes en las áreas de regularización y su importancia en las líneas arenosas es innegable.

Las formas de acantilados regularizados elaboradas en rocas sedimentarias relativamente blandas del Terciario, ha hecho posible la regularización. Si no son totalmente rectos o cóncavos, es debido al afloramiento

de rocas duras en la base, que pueden ser rocas cristalinas del zócalo o las areniscas más antiguas y más duras del Terciario que afloran por debajo de las del Terciario Superior.

Por otra parte, los deltas se concentra en Chile Central entre la boca del Rapel (34°) y la del Biobío (37°) inclusive, donde la energía fluvial es suficiente para calibrar canales amplios de curso inferior y para aportar suficiente sustancia deltaica, pero la energía marina también es suficiente como para impedir el progreso de la progradación hacia el mar. Hay una buena correlación entre los deltas en ría y los relativamente abundantes sectores de líneas litorales arenoso-deposicionales, lo que demuestra la importancia de los sistemas fluviales en el aporte de sedimentos. Algunas de estas formas tienen deltas distales que influyen en la línea litoral, como ocurre con el Itata y el Biobío, con 8 y 15 km. de línea litoral respectivamente.

Las regiones Metropolitana, del Libertador General Bernardo O'Higgins, del Maule y del Bio-Bío (VIII Región) se estructuran en torno de cuencas y llanos de sedimentación fluvial, glacial y volcánica.

Las complejas modalidades del paisaje chileno requieren, para su presentación, una serie de parámetros jerarquizados desde el ángulo del modelado.

Chile, desde el punto de vista geomorfológico, se divide en cinco grandes conjuntos regionales, en que la VIII Región pertenece a la Tercera agrupación regional, denominada "REGION CENTRAL DE LAS CUENCAS Y DEL LLANO FLUVIO-GLACIO-VOLCANICO. El límite Norte de esta III Región es el río Aconcagua. Por el Sur termina parcialmente en el río Bio-Bío ya que algunas subregiones continúan un desarrollo más meridional, por el Este el límite fronterizo es con la República Argentina y por el Oeste con el litoral del Pacífico.

Desde el norte de la región se acerca el desarrollo de la costa acantilada hacia Dichato, Tomé y Concepción en la desembocadura del río Bio-Bío, con los naturales episodios de playas y barras arenosas en las cercanías de algunas desembocaduras, en que los ríos construyen playas de sedimentación fluvial, debido al carácter climático dominante que impide el desarrollo de una

vegetación activa sobre esos materiales, donde la mayor eficacia de la humedad y el trabajo rítmico de los ríos favorecen el desarrollo de suelos aluviales.

Los llanos de sedimentación fluvial experimentan un reemplazo de sus materiales de arrastre; en efecto, la uniforme carga de bloques y rodados que caracterizaba a los ríos del norte de la región, comienzan a verse lentamente reemplazada por arenas, arcillas y limos, desde el río Bio-Bío al Sur. La cantidad de materiales arrastrados por las aguas hacia el mar ha aumentado desde el instante que se produjo la penetración colonizadora en esta región; de hecho, la devastación de los bosques naturales ha traído consigo una acelerada destrucción antrópica del paisaje. Por otra parte, los lagos precordilleranos constituyen un buen nivel de base local para la sedimentación andina, lo cual contribuye a la organización de un sistema de drenaje con aguas limpias y tranquilas.

En cuanto a las características del suelo del litoral costero de la VIII Región, podemos observar un suelo profundo, bien evolucionado y formado a partir de rocas metamórficas especialmente micasitas y gneis muy meteorizado; de textura franco arcillo limosa en todo el perfil.

Descansa sobre sedimentos marinos antiguos (arcillolitas) y/o rocas metamórficas de tipo filitas. Ocupa una posición de terraza marina suavemente ondulada, disectada por pequeñas quebradas. Superficies importantes de esta localidad están siendo ocupadas con fines habitacionales y/o industriales desde Dichato a Talcahuano. Son suelos bien estructurados, de buena porosidad, de permeabilidad moderada y de buen drenaje.

Las bahías, tanto de Concepción, San Vicente y Coronel corresponde a los sub-grupos de suelos con arenales, que se caracterizan por ser de origen aluvial, planos a casi planos, de texturas arenosas a areno francosa, de estructura débil a grano simple, con un arraigamiento escaso. La costa corresponde a terrenos húmedos, con vegetación hidromórfica, pero que en los meses de verano mantiene una cubierta herbácea.

En bahía de Concepción, las Marismas corresponden a terrazas juveniles de sedimentación fluvial, cuyo origen geomorfológico se vincula a los episodios



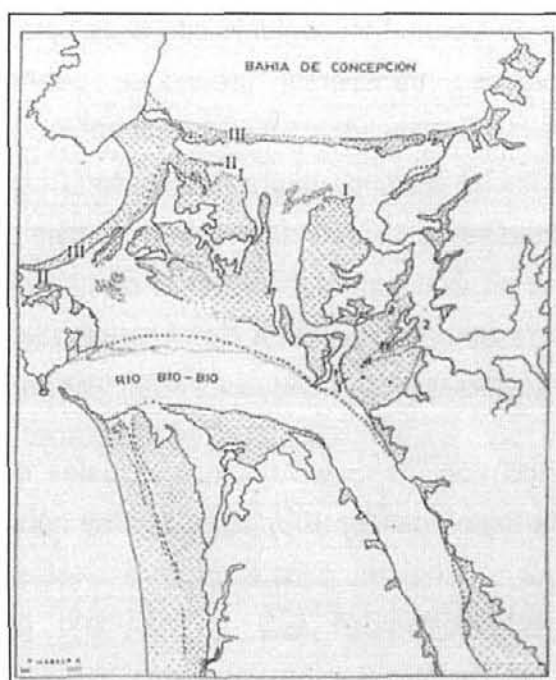
finales de la configuración de delta del río Bío Bío unos 1600–3200 años (Ilabaca, 1979).

Los procesos erosivos del mar sobre una llanura baja, las condiciones de mar somero y a los aportes sedimentarios del Río Bío-Bío, consolidó la formación sucesiva de un cordón litoral, de 20 km de extensión.

De este evolucionó las marismas costeras de Rocuant y Lengua, con el aporte de infiltración desde los ríos Bio Bio y Andalién e influencia mareal a través de la formación temprana del delta (Ilabaca, 1979)

La formación del relleno aluvial que da origen a la planicie en que se desarrolla la Marisma Rocuant y la playa de la cabeza de la Bahía Concepción, se estima en aproximadamente 7.000 años el inicio del transporte de arenas que conformarán la línea de costa actual. En la ilustración 5-7 se observa el delta del río Bío-Bío.

#### **ILUSTRACIÓN 5-7 DELTA DEL RÍO BÍO-BÍO**



Fuente: Ramón Ahumada. Congreso Ordenamiento Territorial, Antofagasta Octubre 2005.

Resumiendo su génesis y evolución morfodinámica, sobre lo que hay muy poco estudiado, se puede decir en base a opiniones entregadas por el catedrático de Oceanografía y profesor de rías y estuarios, en que se analizaron diversos conceptos de dinámica litoral y fundamentos de los orígenes de las

geomorfologías costeras, Doctor en Oceanografía J. Diéz y que refleja en su Libro “Las costas, guías físicas de España”, que las distintas bahías que configuran la región en estudio, son consecuencia de los depósitos del río Bío Bío y la dinámica litoral, al abrigo de las “islas” de Tumbes, Hualpén y Lo Rojas y otras que se han quedado englobadas en la llanura fluviolitoral. Es posible encontrar aún indicios de la desembocadura del río, primero probablemente, por lo actual de la bahía de San Vicente, más tarde por la bahía de Concepción y actualmente por la bahía de Bocasur al que ha contribuido muy fundamentalmente a dibujar hasta Lo Rojas. Así, la plana tradicionalmente más poblada (donde se ubica Concepción Norte, Concepción Centro, Hualpén, Talcahuano, Huachipato, Lenga y San Vicente, se habría conformado como un gigantesco hemitómbolo doble que finalmente había permitido materializar sendos tómbolos al abrigo de las islas de Tumbes, Hualpén y Lo Rojas evolucionando el delta hacia el sur para permitir y formar la bahía de Coronel sobre la originaria flecha que cerró la bahía a la que llegaba la desembocadura primitiva.

El macizo de Coronel en conjunto con el de Lota que se extienden como una línea montañosa transversal preandina, permitió que el transporte longitudinal de sedimentos por una dirección dominante hacia el norte, desarrollara una flecha cerrando la gran bahía de Bocasur ubicada al sur de la actual desembocadura, a la que se abrió el río Bío Bío imponiéndole una dirección al norte en su cauce. La siguiente curso del río hacia el oeste que originó la actual desembocadura le ha sido impuesto recientemente al colmatar del todo el área “tombolítico” de Concepción-San Vicente.

Continuando con las características actuales de las tres bahías más importantes de la región del Bío Bío, las cuales se han consideradas como las alternativas de posibles lugares para albergar una terminal portuaria, se realiza una descripción de cada una de ellas.

#### **a) La bahía de Coronel**

En la zona de litoral costero de Coronel existen humedales que adquieren gran importancia como áreas de refugio y reproducción de aves silvestres, por una parte representan una muestra importante del acervo faunístico regional. Se

debe evaluar la pérdida de estas áreas de humedales, producto de la expansión urbana o portuaria, la contaminación por actividades industriales y el vertido de residuos sólidos y líquidos.

En las dos últimas décadas, Coronel a perdido estas áreas debido a las instalaciones de industrias circundadas por áreas habitacionales, producto de una ineficiente planificación territorial, o bien, por presiones de industriales por localizaciones inconvenientes.

### **b) La bahía de San Vicente**

La bahía de San Vicente es semicerrada con alta productividad biológica y recursos explotables con su frente marino influenciado por las cuencas hidrográficas, especialmente en lo que corresponde a corrientes y transporte de sedimentos fluviales.

Su frente costero está constituida por áreas planas inundables o anegables, con humedales con una gama amplia de diversidad y productividad biológica.

En el interior del territorio, se observa un debilitamiento y fragmentación del bosque nativo en suelos frágiles y fuertemente erosionables, en ecosistemas de alta fragilidad, donde la cordillera de la Costa tiene un efecto de pantalla respecto a las variaciones de temperatura y humedad. Su pluviometría hace que los cuerpos de agua dulce arrastre sedimentos, por una alta variabilidad estacional del caudal de los ríos influyendo en la mala calidad de las aguas subterráneas en las proximidades de la costa.

La contaminación física, química, orgánica y bacteriológica en esteros, lagunas y mar, a causa del vertido de residuos sólidos y líquidos, industriales y residenciales, como producto de una deficiente infraestructura sanitaria, agravado por residuos forestales, fertilizantes y plaguicidas.

Contaminación química de aguas subterráneas por percolación de basurales y acopio de sustancias peligrosas en sectores industriales, residuos forestales y fallas en las redes de los sistemas sanitarios.



Erosión y deterioro del suelo, por deficiente manejo forestal y agrícola, incendios y quema de rastrojos en el medio rural.

### **c) La bahía de Concepción**

La Bahía Concepción se ubica en los 36°40' S y 73° 02' W, con una superficie de 167,4 Km<sup>2</sup>, una profundidad promedio de 18.5 m y un volumen de 2,6 X 10<sup>9</sup>. El tiempo de residencia es de 4 días en verano a 20 días en invierno.

Este cuerpo de agua se encuentra orientado en sentido Norte Sur. La isla Quiriquina ubicada en la boca, determina dos zonas de contacto entre la bahía y las aguas de la plataforma continental: la Boca Chica y Boca Grande.

La marisma Rocuant, se ubica en la cabeza de Bahía Concepción, correspondiente a una marisma. Este cuerpo de agua ha recibido vertimientos de residuos industriales provenientes de industrias pesqueras i.e., 9 pesqueras vaciaban sus riles provenientes del procesamiento de harina y aceite de pescado. En el sector del puerto del desembarque de la pesca se descarga aguas residuales de descarga.

Información recopilada indican que en la década de los años 30 la marisma servía como área de desembarque de sal a granel. En la década de los 60 hubo extracción de 60 toneladas de Gracilaria sp., al interior del cuerpo de agua de la marisma.

Ese cuerpo de agua era un lugar de pesca de pejerreyes, lisas y otras especies costeras. Además de lugar de recreación de los habitantes de Talcahuano.

En 1965 se inicia la instalación en la rivera de la Marisma de industrias pesqueras de reducción. Tres en la primera etapa, cinco en 1970 y finalmente nueve industrias pesqueras el año 1985.

Las alteraciones ambientales de la bahía de Concepción son el embancamiento del sector de la cabeza de la bahía después del terremoto del

año 1939. Inutilización de Rocuant, como sitio de desembarque de sal y zona de abrigo de embarcaciones artesanales.

La industrialización y alteraciones antropogénicas se inicia con importancia el año 1949, comenzando la producción de acero en la Planta Huachipato. En el año 1970, se decide la creación de un parque industrial en la Rocuant y se instalan 8 industrias destinadas a la producción de harina y aceite de pescado.

En la década de los 70 se construyen terraplenes a través de su cuerpo de agua principal de la marisma, que alteraron el flujo mareal. En ellas se desembarcaron

1,4 millones de toneladas de pescado y en 1987 aumentó a 5.0 millones de toneladas, que se mantienen hasta 1999 y disminuye a 2,3 millones el año 2003.

Hoy es preocupación el mal olor y la coloración roja de la marisma. Por esta razón se efectuó la canalización de la marisma Rocuant, pero al mismo tiempo se Integró el sector de humedal a áreas de desarrollo industrial

Resumiendo, podemos indicar que la actividad humana desarrollada hasta el año 1980 produce un fuerte impacto, debido a falta de regulación, provocando los siguientes problemas:

- Conflictos de intereses en los usuarios
- Competencia por el uso del espacio y la explotación de los recursos naturales.
- Uso de las aguas para la disposición de residuos y desechos líquidos de actividades industriales y aguas servidas.
- Las áreas de de recreación y deportes náuticos son desplazadas.

El año 1987 - 1992 (DGTM y MM), desarrolla un proceso de definición de los problemas ambientales: el Programa Mínimo de Impacto Ambiental que intenta definir los impactos ambientales, tomar medidas de mitigación y realizar un programa de vigilancia.

En 1994 se realiza un esfuerzo regional y se desarrolla el Programa de Recuperación Ambiental de Talcahuano (PRAT). Entre los problemas de mayor

importancia, destaca el vertimiento de residuos líquidos y falta de planificación para el uso de la zona costera.

El PRAT es desarrollado por la Ilustre Municipalidad de Talcalcahuano y CONAMA regional:

- Se definió las alteraciones de las bahías,
- Se lleva a cabo los programas de vigilancia del PMEIA.
- Se detecta la falta de ordenamiento de la zona costera.

Se intenta realizar un proyecto de Manejo Integrado de la Zona Costera por parte del CID Canadá y la UCSC para la para Bahía San Vicente.

Se establece un nuevo diagnóstico y los numerosos problemas derivados de la contaminación ambiental y la incidencia del Puerto de San Vicente inicia el interés de un nuevo proyecto: Manejo Integrado de la Zona Costera (Gobierno Regional - GTZ).

Se asume la falta de instrumentos de planificación del territorio y las razones asumidas son: congestión y concentración de actividades; contaminación ambiental de la zona; sobre-explotación de recursos naturales; desarrollo desigual en subzonas costeras.

La mayor parte de los análisis realizados se han preocupado de hacer generalizaciones para la toma de decisiones. No obstante, hay un escaso análisis de los problemas de contaminación de las aguas y una gestión técnica sobre aspectos de mitigación del impacto ambiental.

#### **5.4.2.- Parámetros y variables económicas**

Para la decisión de construir un puerto en una determinada zona es fundamental realizar un estudio de oferta y demanda de servicios portuarios. Sin embargo, en esta ocasión la aplicación se concentra en el problema de localización portuario una vez efectuada la decisión estratégica de construir un puerto o como alternativa ampliar uno o varios existentes. De todas formas, se

muestra en este punto datos relativos a proyecciones de demanda de servicios portuarios en la VIII Región de Chile.

En los años 2003 y 2004 los puertos de Lirquén, Coronel y Jureles han crecido en el movimiento de carga, principalmente en lo que se refiere a celulosa. Al examinar las cifras concluimos que la componente más significativa en la estructura de la carga movilizada corresponde a la celulosa con un 22,8% de la carga total transferida el año 2004, le sigue la madera dimensionada con el 17,1% y luego el chips con el 15,6%. Estos tres productos, todos provenientes del sector forestal representan el 55,5% de la carga transferida.

También podemos indicar, de acuerdo a los datos indicados en el anexo 3, que la carga movilizada en exportación supera el 95% del total de la carga transferida.

Por lo tanto, ya es observable que las terminales en la VIII Región movilizan carga proveniente del sector forestal y que casi en su totalidad es en dirección a la exportación.

El dato relevante es el crecimiento que se observa a nivel regional, 5,2 % de variación positiva en la carga movilizada sobre pasa por 0,5 % el crecimiento del PIB regional. Muchas proyecciones de demanda de carga movilizada se han efectuado, sin embargo no han coincidido con la realidad, pues la variabilidad de está sujeta a crisis económicas que han mermado las proyecciones realizadas antes del año 2002.

#### **5.4.2.1.- Proyecciones de demanda de servicios portuarios a considerar en el hinterland**

Este tipo de información es vital para decidir la construcción y posterior operación de una infraestructura portuaria en determinada localidad. Sin embargo, debido a que la determinación de la localización de un puerto obedece a una decisión subordinada a la decisión de ampliar la infraestructura portuaria de alguna localidad, en este caso sólo nos referiremos a un hinterland común para las alternativas de localización portuaria, con una sutil diferencia en los umland respectivos.

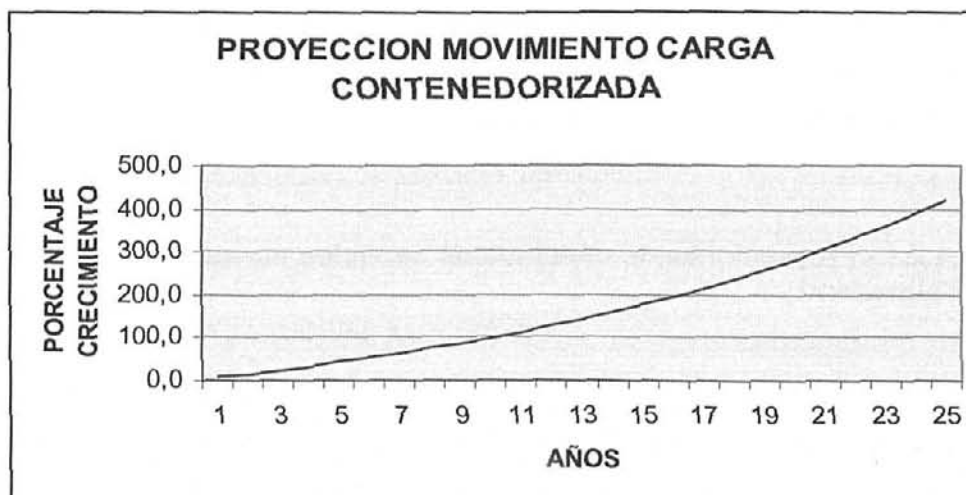
Las alternativas de construcción portuaria en conjunto con la ampliación de puertos existentes están localizadas en la Región del Bío Bío, implicando con ello que la demanda por servicios portuarios es significativamente igual para cada alternativa a considerar.

De todas formas, es necesario poseer información respecto a la envergadura de estas demandas futuras, es así que utilizaremos una proyección de carga contenedorizable para la VIII Región (Región del Bío Bío) para un horizonte de veinticinco años.

Se ha elegido un horizonte de 25 años considerando que las infraestructuras portuarias poseen una vida útil de esa duración. Aunque en las R.O.M. españolas indican hasta cincuenta años, no se decidió ampliar el horizonte de planificación más allá de veinticinco años, debido a que las evaluaciones a realizar no es conveniente prolongar los horizontes más allá de esa cantidad.

Las proyecciones de crecimiento de la carga general, básicamente contenedorizable en la VIII Región, se muestran en el siguiente gráfico.

**GRAFICO 5-1**  
**PROYECCIÓN CRECIMIENTO DE CARGA VIII REGIÓN**



Fuente: elaboración propia

Las proyecciones fueron obtenidas por estimaciones de crecimiento de carga en la VIII Región mediante la expresión de interés compuesto con tasas de

crecimiento para los próximos veinticinco años, de acuerdo a lo indicado en el cuadro 5-8. Estos Valores se obtuvieron de la estimación del crecimiento del producto interno bruto (PIB) de Chile, dato estimado por el Banco Central de Chile en base a proyecciones de crecimiento estructural para las dos próximas décadas. Al crecimiento del PIB se le adicionó entre un punto y medio y tres por ciento, debido a que el movimiento de la carga en puertos es mayor que el crecimiento de PIB.

Datos se utilizaron datos de los cuadros de indicadores económicos que entrega la División de Estadística y Proyecciones Económicas-CEPAL, 2003. Estas cifras resultan útiles para verificar las estimaciones y presentar una base imparcial de las proyecciones estimadas. En los siguientes cuadros se exhibe información útil para determinar distintos escenarios de crecimiento de carga en la Región del Bío Bío.

De este cuadro se deduce que el PIB de Chile ha crecido por encima del PIB medio de América Latina, excepto el año 1999. En el anexo 3 se exhibe las hojas de cálculos y procedimiento de estimación de la demanda de carga contenedorizada.

**CUADRO 5-4**  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: PRODUCTO INTERNO BRUTO**  
*(tasa de crecimiento porcentual, millones de dólares de 1995)*

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002 (datos prelimi nares)	2003 (proye cción)
<b>Subtotal América Latina</b>	<b>3.8</b>	<b>5.2</b>	<b>2.2</b>	<b>0.5 9</b>	<b>3.8</b>	<b>0.3</b>	<b>-0.7</b>	<b>1.9</b>
Chile	6.9	6.8	3.3	-0.7	4.4	2.8	2.1	3.5

Fuente: División de Estadística y Proyecciones Económicas-CEPAL, 2003.

Del cuadro siguiente se puede determinar que Chile mueve aproximadamente un 5% del valor de la carga movilizada en América Latina.

De la carga movilizada aproximadamente el 53% corresponde a exportación y el resto importación. De toda la carga exportada, el 98% lo realiza por vía marítima.

**CUADRO 5-5**  
**AMÉRICA LATINA: COMERCIO EXTERIOR DE BIENES (FOB) Y SALDO DE**  
**LA CUENTA CORRIENTE**  
*(millones de dólares corrientes)*

	2001				2002 (datos preliminares)				2003 (proyección)			
	Exportaciones	Importaciones	Balance Bienes	Balance Cuenta Corriente	Exportaciones	Importaciones	Balance Bienes	Balance Cuenta Corriente	Exportaciones	Importaciones	Balance Bienes	Balance Cuenta Corriente
<b>Chile</b>	18466	16411	2055	-1192	18340	15826	2514	-552	19532	16459	3073	-107
<b>%</b>	5.3	4.7			5.3	4.9			5.4	5.0		
<b>Total</b>	<b>43601</b>	<b>34443</b>	<b>-838</b>	<b>-5154</b>	<b>34557</b>	<b>31959</b>	<b>25981</b>	<b>-14504</b>	<b>36492</b>	<b>327376</b>	<b>37556</b>	<b>-6449</b>

Fuente: División de Estadística y Proyecciones Económicas-CEPAL, 2003.

Del cuadro anterior se observa que tanto Chile como América Latina sufrieron disminuciones en los valorizados de sus importaciones y exportaciones, durante el período 2002-2003.

Examinando los valores en el cuadro 5-6 queda más claro los años de disminución en el valorizado del comercio exterior y se señala el año 2003 como el año de repunte en el comercio exterior de Chile y Latino América.

**CUADRO 5-6**  
**AMÉRICA LATINA: COMERCIO EXTERIOR DE BIENES (FOB)**  
*(tasa de crecimiento porcentual, millones de dólares corrientes)*

	2000		2001		2002		2003	
	Exportaciones	Importaciones	Exportaciones	Importaciones	Exportaciones	Importaciones	Exportaciones	Importaciones
<b>Chile</b>	16.3	19.9	-4.0	-5.1	-0.7	-3.6	6.5	4.0
<b>Total</b>	<b>19.9</b>	<b>16.3</b>	<b>-4.0</b>	<b>-2.4</b>	<b>0.6</b>	<b>-7.2</b>	<b>5.5</b>	<b>2.1</b>

Fuente: División de Estadística y Proyecciones Económicas, (CEPAL, 2003).

La inflación ha sido un tema latente en la vida económica chilena. Pues los gobiernos han hecho esfuerzos en ajustar sus políticas a las políticas monetarias dirigidas por las autoridades del Banco Central, entidad multifuncional, en que una de sus funciones importantes es velar y hacer ejecutar los instrumentos y mecanismos regulatorios para controlar la inflación.

Al observar el cuadro 5-7 vemos que Chile posee una inflación controlada desde el año 1998 hasta ahora.

**CUADRO 5-7**  
**AMÉRICA LATINA: INFLACIÓN**  
*(Tasas de variación)*

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>Chile</b>	12.2	8.9	8.2	6.6	6.0	4.7	2.3	4.5	2.7	2.8	3.0
<b>Total</b>	898.3	340.9	25.9	18.6	10.3	9.8	9.5	8.6	5.9	12.2	10.6

Fuente: División de Estadística y Proyecciones Económicas-CEPAL, 2003.

Todos estos datos nos permiten realizar una estimación del crecimiento de la carga a transferir en la VIII Región. Cabe hacer notar, nuevamente, que la metodología presentada en este trabajo da por hecho que la decisión de construir un nuevo puerto o ampliarlos esta efectuada y que sólo se evaluará y analizará las alternativas de localización pensando en que ciertamente se va a construir. De todas formas se presenta en este punto una proyección del crecimiento de la carga movilizada en que se proyectan tres escenarios, uno optimista, otro más probable y uno pesimista. La estimación de la tasa de crecimiento acumulativa iniciada para el año 2006 fue calculada de acuerdo a la distribución X-cuadrada.

**CUADRO 5-8**  
**DATOS PROYECCION CRECIMIENTO TRANSFERENCIA DE CARGA**  
**2006-2030**  
 (valores en porcentaje)

AÑO	ESTIMACIÓN TASA DE CRECIMIENTO PIB			ESTIMACIÓN TASA ACUMULATIVA DEL MOVIMIENTO DE CARGA SOBRE PIB			ESTIMACIÓN TASA CRECIMIENTO MOVIMIENTO DE CARGA
	OPT	PRO	PES	OPT	PRO	PES	
2006	5,5	5,0	3,5	8,5	7,5	5,0	7,2
2007	5,5	5,0	3,5	17,7	15,6	10,3	15,0
2008	5,5	5,0	3,5	27,7	24,2	15,8	23,4
2009	5,5	5,0	3,5	38,6	33,5	21,6	32,4
2010	5,5	5,0	3,5	50,4	43,6	27,6	42,0
2011	5,0	4,8	2,5	62,4	54,0	32,7	51,9
2012	5,0	4,8	2,5	75,4	65,3	38,0	62,4
2013	5,0	4,8	2,5	89,4	77,4	43,6	73,7
2014	5,0	4,8	2,5	104,6	90,3	49,3	85,8
2015	5,0	4,8	2,5	120,9	104,2	55,3	98,8
2016	4,8	4,6	2,0	138,2	118,7	60,7	112,3
2017	4,8	4,6	2,0	156,7	134,2	66,3	126,7
2018	4,8	4,6	2,0	176,8	150,8	72,2	142,1
2019	4,8	4,6	2,0	198,4	168,7	78,2	158,5
2020	4,8	4,6	2,0	221,6	187,7	84,4	176,2



**CONTINUACIÓN CUADRO 5-8**  
**DATOS PROYECCION CRECIMIENTO TRANSFERENCIA DE CARGA**  
**2006-2030**  
 (valores en porcentaje)

AÑO	ESTIMACIÓN TASA DE CRECIMIENTO PIB			ESTIMACIÓN TASA ACUMULATIVA DEL MOVIMIENTO DE CARGA SOBRE PIB			ESTIMACIÓN TASA CRECIMIENTO MOVIMIENTO DE CARGA
	OPT	PRO	PES	OPT	PRO	PES	
2021	4,5	4,4	1,8	245,8	207,6	90,5	<b>194,4</b>
2022	4,5	4,4	1,8	271,7	228,8	96,8	<b>214,0</b>
2023	4,5	4,4	1,8	299,6	251,5	103,3	<b>234,8</b>
2024	4,5	4,4	1,8	329,5	275,8	110,0	<b>257,1</b>
2025	4,5	4,4	1,8	361,7	301,7	116,9	<b>280,9</b>
2026	4,2	4,2	1,5	395,0	328,6	123,4	<b>305,5</b>
2027	4,2	4,2	1,5	430,6	357,3	130,1	<b>331,7</b>
2028	4,2	4,2	1,5	468,8	387,9	137,0	<b>359,6</b>
2029	4,2	4,2	1,5	509,8	420,6	144,2	<b>389,4</b>
2030	4,2	4,2	1,5	553,7	455,5	151,5	<b>421,2</b>

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a estas proyecciones en 15 años más, se estará movilizand o en los puertos de la región del Bío Bío el doble de la carga actual. En 5 años más, es decir, para el año 2010 la carga movilizad a será de un 25% más y para 25 años más, los puertos de la región moverán tres veces la carga actual.

#### 5.4.2.1.1.- Proyección población 2050

Las proyecciones cuantitativas de población constituyen el pronóstico de una variable crítica y fundamental en torno a la cual giran todas las actividades económicas y sociales, en virtud del doble rol de la población, como recurso económico generador de bienes y servicios y como beneficiaria de su uso y consumo.

Anatole Romaniuc, Director de la División de Demografía de Statistic Canada, plantea que la cantidad de recursos que se invierten en infraestructura económica y social determinadas y localizadas por las proyecciones demográficas puede resultar sorprendente. Sin lugar a dudas, éstas aportan información esencial para planificar gastos y decidir políticas públicas.

Las proyecciones fueron elaboradas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y el Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) basados en datos que entregó el Censo de Población y Vivienda de 2002 y las estadísticas vitales que se recopilan de año en año.

En su elaboración se formularon hipótesis sobre evolución futura de la mortalidad, la fecundidad y las migraciones en una población base, de acuerdo al método conocido como de componentes por cohortes, utilizado en casi todos los países.

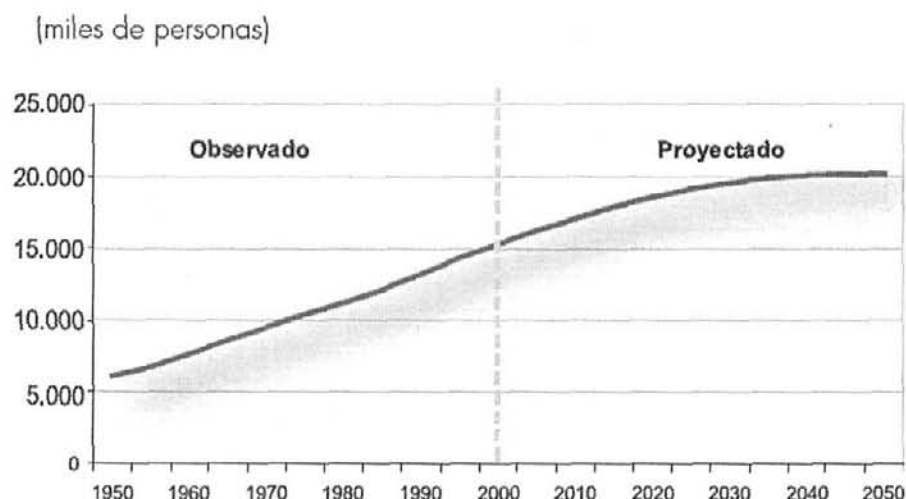
#### **5.4.2.1.2.- La población de Chile y su evolución**

Hacia la mitad del presente siglo, se prevé que la población de Chile llegará a los 20.205.000 habitantes. De esta forma, crecerá 31,2% en los próximos 50 años, variación que contrasta con lo observado entre 1950 y 2000, periodo en que aumentó en 153,2%.

En 2005 la población del país habría llegado a los 16.267.278 habitantes. Se pronostica que en cinco años más, en 2010, sea de 17.094.000 personas y que para 2020 aumente a 17.865.000.

En 35 años, entre 1950 y 1985, la población chilena se duplicó pasando de aproximadamente de 6 millones de habitantes a poco más de 12 millones. A futuro, según el crecimiento estimado para 2000-2005, se calcula que tendrían que pasar 63 años para que los 16 millones de habitantes que residen actualmente en el territorio, se dupliquen.

**GRÁFICO 5-2**  
**CHILE: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN TOTAL AL 30 DE JUNIO DE 1950 – 2050**



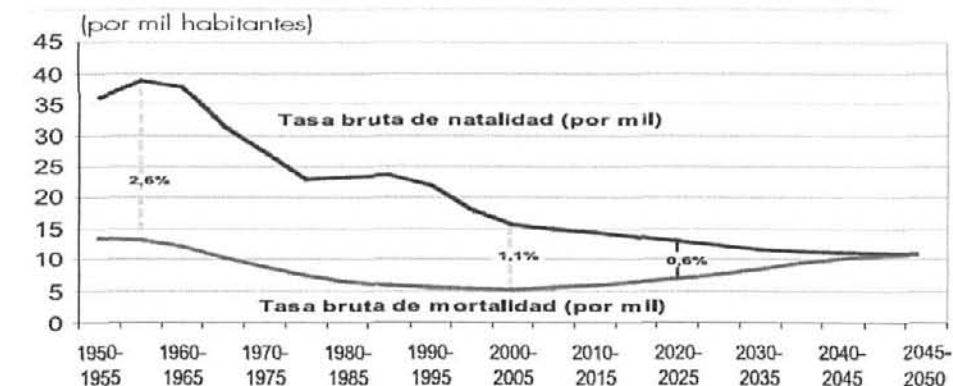
En este último quinquenio, la población chilena habría crecido anualmente a un promedio de 1,1% (casi 11 personas por cada mil habitantes) y se espera que en los quinquenios siguientes este ritmo sea más lento para llegar prácticamente a cero entre 2045 y 2050. (ver gráfico 2).

Este menor ritmo de crecimiento de la población chilena estaría determinado principalmente por el descenso en el pasado de la fecundidad, previéndose que ésta continuará bajando en el futuro. En tanto, la mortalidad experimentaría un leve aumento debido al envejecimiento de la población.

Las migraciones internacionales probablemente no tendrán mayor influencia en el crecimiento de la población total del país.

Al confrontar las trayectorias de evolución de las tasas de mortalidad y natalidad se observa un progresivo acercamiento entre ambas hasta encontrarse en el año 2050, lo que implica que no habrá crecimiento natural de la población.

**GRÁFICO 5-3**  
**CHILE: EVOLUCIÓN DE LAS TASAS DE NATALIDAD Y MORTALIDAD,**  
**POR QUINQUENIO 1950 – 2050**



Fuente. INE (Instituto Nacional de Estadística de Chile) Informe Noviembre 2005

#### 5.4.2.2.- Estudio de la oferta de servicio portuario en el hinterland a considerar

En el punto 5.3.2. ya se indicó los puertos de la VIII Región de Chile. Sin embargo, para entregar una visión más integral de la oferta en rutas posibles de transporte de mercancías hacia el extranjero, se indica una lista con los nodos de transporte intermodal de mercancías. Estos puntos de trasbordo de carga los constituyen puertos, aeropuertos y pasos fronterizos rodoviarios con Argentina localizados en el territorio de la Región del Bío Bío.

**CUADRO 5-9**  
**PUNTOS DE TRASBORDO DE MERCANCIAS**

REGIÓN DE BÍO BÍO		
PUERTOS	AEROPUERTOS	PASOS FRONTERIZOS
<b>Empresa Portuaria Talcahuano San Vicente S.A.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puerto de Talcahuano.</li> <li>• San Vicente Terminal Internacional S.A.</li> </ul> <b>Puerto Lirquén S.A.</b> <b>Puerto de Coronel S.A.</b> <b>Muelles de Penco S.A.</b> <b>Portuaria Cabo Froward S.A.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminal Puchoco.</li> <li>• Terminal Júreles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aeropuerto Carriel Sur, Talcahuano.</li> <li>• Aeródromo General Bernardo O'Higgins, Chillán(*)</li> <li>• Aeródromo María Dolores,</li> <li>• Los Ángeles(*)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paso Butamallín(*)</li> <li>• Paso Pichachén</li> </ul>

Centro de Estudios del Área Marítimo Portuaria (CEAMP) UCSC

En relación a las infraestructuras marítimas y con el fin de dimensionar los recursos en líneas de atraque de las terminales portuarias de la zona se entregará un detalle de cada terminal en el cuadro siguiente:

**CUADRO 5-10**  
**SITIOS OPERATIVOS EN LOS PUERTOS DE LA VIII REGION DE CHILE**

LOCALIDAD	SITIOS DE ATRAQUE
TALCAHUANO	SITIO 1 EMPRESA PORTUARIA DE TALCAHUANO SITIO 1 MOLO 500 (BASE NAVAL) TALCAHUANO SITIO 2 MOLO 500 (BASE NAVAL) TALCAHUANO SITIO 1 TERM. PORT. CÍA. SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A. SITIO 2 TERM. PORT. CÍA. SIDERÚRGICA HUACHIPATO S.A.
SAN VICENTE	SITIO 1 SAN VICENTE TERMINAL INTERNACIONAL S.A. SITIO 2 SAN VICENTE TERMINAL INTERNACIONAL S.A. SITIO 3 SAN VICENTE TERMINAL INTERNACIONAL S.A.
LIRQUEN	SITIO 1 (MUELLE 1) PUERTO DE LIRQUEN S.A. SITIO 2 (MUELLE 1) PUERTO DE LIRQUEN S.A. SITIO 3 (MUELLE 1) PUERTO DE LIRQUEN S.A. SITIO 4 (MUELLE 1) PUERTO DE LIRQUEN S.A. SITIO 1 (MUELLE 2) PUERTO DE LIRQUEN S.A. SITIO 2 (MUELLE 2) PUERTO DE LIRQUEN S.A.
CORONEL	SITIO 1 CÍA. PUERTO CORONEL S.A. SITIO 2 CÍA. PUERTO CORONEL S.A. SITIO 3 CÍA. PUERTO CORONEL S.A. MUELLE GRAN. JURELES PORT. CABO FROWARD S.A. PORTUARIA PUCHOCO S.A.
PENCO	MUELLE DE PENCO S.A.

Fuente: Elaboración propia a partir de información en :[www.puertos.cl](http://www.puertos.cl)

**5.4.2.2.1.- Productos embarcados por los puertos chilenos**

De acuerdo a las clasificaciones de Aduana, en Chile se comercializa con el exterior del orden de 7.000 productos, agrupados en 97 grupos o capítulos. Una institución pública chilena, la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO) ha realizado un estudio respecto a los productos importados y exportados vía marítima en la VIII Región de Chile. El estudio reclasificó los 97 grupos condensándolos en un listado de 321, los cuales se agruparon en 6 grandes categorías:

- Agroindustria
- Manufacturas
- Productos forestales y sus derivados
- Productos del mar
- Cobre y sus derivados
- Otros.

**5.4.2.2.2.- Análisis general comercio internacional chileno**

Chile ha adoptado desde 1996, una estrategia comercial de "Apertura Global y Acuerdos Comerciales". Esta estrategia tiene la particularidad de disminuir el arancel general al mismo tiempo que se suscriben acuerdos o tratados que pueden ser tanto multilaterales como bilaterales.

Los efectos de esta estrategia se ven reflejados en la balanza comercial, donde las exportaciones han tenido una tendencia dependiente de la actividad internacional, donde no existe un exceso de proteccionismo a sectores específicos. Los efectos de esta estrategia se ven reflejados en una balanza comercial con alta estabilidad.

**CUADRO 5-11**  
**COMERCIO EXTERIOR CHILENO PERIODO 2000-2003**

<b>Años</b>	<b>Exportaciones (mill US\$)</b>	<b>Importaciones (mill US\$)</b>	<b>Saldo (mill US\$)</b>
2000	19.210,30	17.091,40	2.118,90
2001	18.271,80	16.428,20	1.843,60
2002	18.177,20	15.920,90	2.256,30
2003	21.045,90	18.030,80	3.015,10

*Fuente: Balanza de pagos 2003. Banco Central de Chile Estudio de Flujos de Carga de Importación y Exportación entre la Región de Valparaíso y de Los Lagos para Prospeccionar Oportunidades de Negocio a la Plataforma Logística del Bío Bío."*

#### 5.4.2.2.3.- Importaciones

Entre los años 2000 y 2003, las importaciones chilenas han seguido un comportamiento similar al de las exportaciones, pero con una menor magnitud, lo cual ha permitido generar un saldo suficiente para que exista un superávit de la balanza comercial. En promedio, el 56% de los montos importados por Chile en el periodo 2000–2003, corresponden a los bienes intermedios, le siguen en orden de magnitud los bienes de capital (20%) y los bienes de consumo (16%).

**CUADRO 5-12**  
**IMPORTACIONES CHILENAS SEGÚN TIPO DE BIENES, PERIODO 2000-2003**  
(millones de US\$ CIF)

Tipo de Bienes	2000	2001	2002	2003
Bienes de consumo	3.076,2	2.898,4	2.836,2	3.166,7
Bienes intermedios	10.520,2	9.951,0	9.634,2	10.956,2
Bienes de capital	3.430,0	3.549,3	3.470,2	3.667,9
Otros (incluye bienes adquiridos en puerto)	286,2	296,2	268,6	330,2
Zona franca	1.152,7	1.104,2	986,6	1.291,6
Oro No monetario	0	0	0	0
<b>Importaciones (CIF)</b>	<b>18.465,3</b>	<b>17.799,1</b>	<b>17.195,8</b>	<b>19.412,6</b>
Fletes y seguros	1.373,9	1.370,9	1.274,9	1.381,8
<b>Importaciones (FOB)</b>	<b>17.091,4</b>	<b>16.428,2</b>	<b>15.920,9</b>	<b>18.030,8</b>

Fuente: Balanza de pagos 2003. Banco Central de Chile

Los combustibles, específicamente el petróleo, son uno de los bienes intermedios de mayor relevancia en las importaciones chilenas, representando en promedio el 15% del monto total de las importaciones para el periodo 2000–2003. Le siguen en importancia los bienes de consumo durable, con un 6% de participación promedio de las exportaciones.

#### 5.4.2.2.4.- Exportaciones

Entre los años 2000 y 2003, las exportaciones chilenas han seguido un sostenido ritmo de crecimiento. En promedio, más del 80% de los montos exportados por Chile en el periodo 2000–2003, corresponden a los productos elaborados por el sector minero (40,1% promedio) y el sector industrial (43,7% promedio), en donde el sector agrícola ha concentrado en promedio el 9,3% de los montos exportados, cuyo detalle se observa en el siguiente cuadro:



**CUADRO 5-13**  
**EXPORTACIONES CHILENAS POR SECTOR ECONÓMICO, 2000-2003**  
*(millones de US\$ FOB)*

Sector económico	2000	2001	2002	2003
Minería	8.020,8	7.256,4	7.073,6	8.460,6
Agricultura, fruticultura, ganadería, Silvicultura y pesca extractiva	1.693,0	1.727,2	1.763,9	1.976,7
Industria	7.968,1	7.980,0	8.213,8	9.369,7
Otros (incl. Bienes adquiridos en puerto)	188,1	168,8	131,0	92,1
Zona franca	997,3	875,9	738,7	845,3
Oro No Monetario	343,0	263,5	256,2	301,5
<b>Exportaciones (FOB)</b>	<b>19.210,3</b>	<b>18.271,8</b>	<b>18.177,2</b>	<b>21.046</b>

Fuente: Balanza de pagos 2003. Banco Central de Chile: "Estudio de Flujos de Carga de Importación y Exportación entre la Región de Valparaíso y de Los Lagos para Prospeccionar Oportunidades de Negocio a la Plataforma Logística del Bío Bío." Centro de Estudios del Área Marítima Portuaria (CEAMP) UCSC

Los principales productos que han contribuido al sostenido crecimiento de las exportaciones, de cada sector económico, se presentan en el siguiente cuadro:

**CUADRO 5-14**  
**PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS POR SECTOR ECONÓMICO**  
**2000-2003**  
*(millones de US\$ FOB)*

Sectores / principales Productos	2000	2001	2002	2003
<b>Minería</b>	<b>8.020,8</b>	<b>7.256,4</b>	<b>7.073,6</b>	<b>8.460,6</b>
Cobre	7.284,5	6.536,5	6.281,8	7.502,5
Salitre y yodo	206,9	194,3	191,2	210,1
Óxido y ferromolibdeno	178,7	174,6	245,7	346,5
<b>Agropecuaria-silvícola y pesquero</b>	<b>1.693,0</b>	<b>1.727,2</b>	<b>1.763,9</b>	<b>1.976,8</b>
Sector frutícola	1.368,2	1.433,4	1.491,5	1.677,3
Uvas	677,3	661,7	669,1	725,6
Otros Agropecuarios	246,7	227,6	213,1	244,5
<b>Industriales</b>	<b>7.968,1</b>	<b>7.980,0</b>	<b>8.213,8</b>	<b>9.369,7</b>
Celulosa blanqueada	923,5	649,9	683	768,6
Salmón y truchas	943,8	937,2	962	1.126,6
Vino	580,5	595,1	608,5	678
Basas y madera aserrada de pino insigne	320,7	331,9	387,9	451,5
Metanol	323,5	330,1	329,8	446,4

Fuente: Balanza de pagos 2003. Banco Central de Chile

El cobre, en cualquiera de sus presentaciones, es uno de los productos principales de las exportaciones chilenas representando en promedio el 36% del monto total de las exportaciones, para el periodo 2000-2003. Lo siguen en importancia los siguientes productos:



**CUADRO 5-15**  
**PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS DESPUES DELCOBRE**  
**2000-2003**  
*(porcentaje en valor)*

PRODUCTO	PORCENTAJE
Salmones y truchas	5.2%
Celulosa blanqueada	4.9%
Uvas	3.6%
Vinos	3.2%
Basas y madera aserrada de pino insigne	1.9%
Metanol	1.9%
Harina de pescado	1.5%
Material de transporte	1.3%
Óxido y ferromolibdeno	1.2%
Salitre y yodo	1.0%

*Fuente: Balanza de pagos 2003. Banco Central de Chile*

Para visualizar el contexto del grado de competencia desde el punto de vista del movimiento de carga en toneladas embarcadas en un año, que para este caso es el 2004, entre los puertos de la zona, ver el siguiente cuadro.

**CUADRO 5-16**  
**TRANSFERENCIA REGIONAL**  
**ACUMULADO ENERO - DICIEMBRE 2004 (Toneladas)**

PRODUCTOS	TAL	SVTI	LIRQUEN	PENCO	CORONEL	PURELE	PUCHOC	TOTAL
HAR.DE PESCADO	14,108	52,089	248,552	0	0	0	0	314,749
CELULOSA	6,176	187,642	945,243	0	1,516,384	0	0	2,655,445
PAPEL	150	119,372	80,298	0	11,977	0	0	211,797
ROLAS ASERRABLES	0	0	62,204	0	5,644	0	0	67,848
MAD. DIMENSIONADA	20,195	500,694	793,863	0	673,569	0	0	1,988,321
OTRAS MADERAS	7,419	257,251	152,384	0	480,105	0	0	897,158
CHIPS	0	289,670	0	0	0	711,007	766,799	1,767,476
ROLL. PULPABLES	0	119,091	885	0	0	0	0	119,975
COMESTIBLES	65,208	221,283	236,212	0	0	0	0	522,703
SAL	405	219,048	0	0	0	0	0	219,454
AGROPECUARIOS	3,429	55,020	173,097	0	0	3,227	0	234,773
COSETA	0	96,524	0	0	0	0	0	96,524
FERTILIZANTES	0	19,389	341,575	82,751	0	0	0	543,723
INDUSTRIALES	47,713	422,337	63,879	0	190,041	0	0	723,970
TARA TEUS	18,321	440,895	294,355	0	13,197	0	0	766,768
OTROS	11,189	82,178	143,392	37,984	3,396	177,903	0	506,042
TOTAL 2004	194,313	1,082,481	1,535,931	70,741	2,894,311	892,137	766,799	11,636,721
PARTICIPACION	1.67	26.49	30.39	2.33	24.87	7.67	6.59	100
RECALADAS	54	297	333	33	109	21	17	864
BOXES	4,735	118,547	79,905	0	3,590	0	0	206,777
TOTAL 2003	464,864	1,436,291	1,246,131	71,341	2,027,111	352,135	1,159,281	11,057,161
VARIACION (TONS)	270,551	353,812	289,809	00,60	867,200	540,002	392,481	579,561
VARIACION %	-58.2	-10.3	8.9	-27.1	42.8	153.4	-33.9	5.2

Fuente: [www.puertos.cl](http://www.puertos.cl)

### 5.4.3.- Alternativas de localización de infraestructuras portuarias

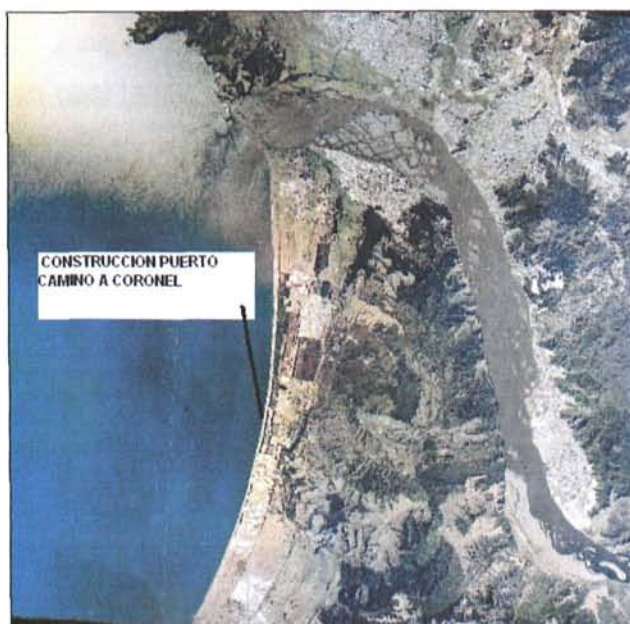
En la siguiente ilustración se indicará las alternativas de localidades de construcción de un nuevo puerto, así como la ubicación de los puertos candidatos a ser ampliados.

**ILUSTRACIÓN 5-8**  
**LOCALIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y AMPLIACIÓN DE PUERTO**



Fuente: fotografía [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)

**ILUSTRACIÓN 5-9**  
**LOCALIDADES DE CONSTRUCCIÓN PUERTO CAMINO A CORONEL**



Fuente: fotografía [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)



### ILUSTRACIÓN 5-10 LOCALIDADES DE AMPLIACIÓN PUERTO DE CORONEL



Fuente: fotografía [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)

En la fotografía 5-8 se observa la morfología de la Bahía de Concepción que protege a los puertos existentes. Se indica las localidades de ampliación del Puerto de Lirquén junto a otras alternativas de ampliación, como ser el Puerto de Talcahuano y la alternativa de construcción de un nuevo puerto en la zona reservada para realizar algunas infraestructuras para complementar y apoyar el proyecto denominado plataforma logística. En el lado oeste se observa la Bahía de San Vicente, cuyas costas aloja el Puertos de San Vicente, Terminal Gasero Abastible y Muelle CAP. En esta Bahía se localizan otras dos alternativas, una es la ampliación del Puerto de San Vicente y la otra, la construcción de una nueva terminal, al lado sur de la Bahía de San Vicente.

En la fotografía 5-9 se observa una costa menos abrigada, donde a unos trescientos metros, paralela a ella se sitúa la autopista que se dirige desde Concepción a Coronel. La zona costera se encuentra hasta ahora, despoblada, conteniendo una gran superficie de reserva de suelo. En esta zona, también se analizará la alternativa de construcción de un nuevo puerto.

Por último en la fotografía 5-10, a mayor escala, se muestra la Bahía de Coronel en la cual se emplaza el puerto que lleva el mismo nombre de la bahía y de la ciudad alojada en las tierras aledañas. Este puerto también se contempla como una alternativa de ampliación portuaria. En síntesis, alternativas de ampliaciones y de construcciones portuarias se barajan en este estudio en que estas seis alternativas no distan más allá de sesenta kilómetros. Queda entonces indicar información más detallada para cada una de las alternativas, lo que se indicarán en los próximos puntos.

#### **5.4.3.1.- Un caso: plataforma logística de la VIII Región de Chile**

En la superficie desocupada de istmo litoral que se extiende desde el borde costero de la Bahía de Concepción y el lado norte de la Ciudad de Concepción, existen humedales de tierras pantanosas debido al bajo nivel de cota del terreno. Dichos humedales no presentan protección medio ambiental, solo un extremo está protegido para preservar el hábitat de algunas aves que anidan cada cierto periodo en el sector.

En el límite entre las ciudades de Talcahuano y Concepción, retirada a unos veinte kilómetros de la orilla del mar aparecen construcciones de viviendas habitacionales, pero por las características del terreno, en especial, con relación a la cota de mayor pleamar en esa zona, la diferencia entre lo natural y lo exigido por la ley de construcciones, es de tres metros. Esto implica realizar un relleno exigido por la dirección municipal de obras civiles de al menos tres metros sobre la cota actual, para poder acceder a la autorización de construcción de edificios habitacionales, emanada por los organismos pertinentes, acción que convierte a ese sector de suelo en poco atractivo para proyectos inmobiliarios.

La dimensión del área que se pretende destinar para desarrollar la actividad logística y portuaria es de una extensión de doscientas hectáreas. Posee acceso a una estación de ferrocarriles, a un aeropuerto, nuevos caminos externos a las ciudades, el puerto de mayor crecimiento a cinco kilómetros y una población de dos millones de habitantes (Diez, 2002).

El puerto de mayor dinamismo en la zona. Inserto en la ciudad de San Vicente, se sitúa solo a cinco kilómetros del área propuesto en el proyecto en

cuestión. En la actualidad este puerto agotó sus recursos de suelo destinados a su expansión. Carece de explanada debido a que el recinto del actual puerto concesionado posee un área de sólo dos hectáreas de reserva para futuras necesidades portuarias en un cerro en que hoy día ya esta copada de un gran número de viviendas en continuo crecimiento.

#### **5.4.3.2.- Ampliación del Puerto de Lirquén**

El Puerto de Lirquén está localizado en el extremo este de la bahía de Concepción, en la costa de la ciudad de Lirquén, cuyo georeferenciación es de 36° 42' 30" en Latitud Sur y 72° 58' 42" de Longitud Oeste. Inició sus actividades con carácter de puerto privado con concesión de ocupación de un tramo del litoral marítimo, superficie y fondo marino. Por lo tanto, el Puerto de Lirquén es un puerto de carácter privado desde sus inicios, cuyos propietarios mayoritarios son empresas forestales, fue creada en 1970 como una sociedad de responsabilidad limitada. Nació para continuar las operaciones portuarias que hasta esa fecha realizaba Muelles y Bosques S.A., en el puerto que había construido Carbonífera de Lirquén para efectuar sus embarques. En diciembre de 1982 cambió su razón social a Puerto de Lirquén S.A. y a fines de 1989 se concretó el aporte de sus principales activos fijos, tales como el muelle, patios, bodegas y maquinaria, a la filial Portuaria Lirquén S.A., en la cual tiene actualmente una participación de 99,9993%.

Posee seis sitios de atraque en dos Muelles. El Puerto de Lirquén ha comenzado una nueva etapa de estudio para ampliarse ganado terreno al mar. Su actual capacidad instalada de superficie para almacenamiento de carga en patios pavimentados alcanza los 110.000 m<sup>2</sup> localizados en las canchas de Cerro Verde. A esta superficie se debe agregar otra en el corte del cerro La Tosca y un relleno de mar que permite una superficie total para patios de acopio de 140.000 m<sup>2</sup>.

La infraestructura del Puerto de Lirquén consiste en:

- Dos Muelles.
- Seis sitios de Atraque.
- 65.731 m<sup>2</sup> de Bodegas y Galpones.
- 139.754 m<sup>2</sup> de Patios pavimentados.
- 102.082 m<sup>2</sup> de Patios estabilizados.

- Tres Entradas Ferroviarias.
- Dos Entradas Camineras.

En los siguientes cuadros se sintetiza información respecto a las características de las naves que puede atender el Puerto de Lirquén, así como los servicios y equipos que posee.

**CUADRO 5-17**  
**DATOS TÉCNICOS DEL PUERTO DE LIRQUÉN**

<b>PUERTO DE LIRQUEN</b>						
	<b>SITIO N° 1</b>	<b>SITIO N° 2</b>	<b>SITIO N° 3</b>	<b>SITIO N° 4</b>	<b>SITIO N° 5</b>	<b>SITIO N° 6</b>
<b>Características Físicas Máximas de la Nave</b>						
Eslora Máxima	220 metros	220 metros Independiente	200 metros	160 metros	220 metros	220 metros
Calado	11.88 metros	11.37 metros	09.57 metros	07.39 metros	14.98 metros	11.88 metros
<b>Condiciones Medioambientales</b>						
Intensidad máxima de viento	20 nudos	20 nudos	15 nudos	15 nudos	20 nudos	20 nudos
Intensidad máxima de corriente	Despreciable nudos	Despreciable nudos	Despreciable nudos	Despreciable nudos	Despreciable nudos	Despreciable nudos
Maniobras en horas de oscuridad	Si	Si	Si	Tránsito con sitio : desocupado.	Si	Si
<b>Banda de Atraque, Anclas y Amarras</b>						
Banda de atraque	Estribor	Babor	Estribor	Babor	Estribor	Babor
Anclas y número de grilletes	01 ancla – 10 grilletes	01 ancla – 10 grilletes	01 ancla – 10 grilletes	01 ancla – 10 grilletes	01 ancla – 10 grilletes	01 ancla – 10 grilletes
Largos de Proa	05	05	05	05	05	05
<b>Apoyos</b>						
N° de remolcadores y Bollard pull mínimo	02 de 1200 HP c/u	02 de 1200 HP c/u	02 de 1200 HP c/u	02 de 1200 HP c/u	02 de 1200 HP c/u	02 de 1200 HP c/u
N° de lanchas amarradotas	01 de 180 HP. c/u	01 de 180 HP. c/u	01 de 180 HP. c/u	01 de 180 HP. c/u	01 de 180 HP. c/u	01 de 180 HP. c/u

Fuente: elaboración propia

Sus principales productos de embarque son:

- Rollizos
- Maderas Aserradas
- Celulosa
- Fertilizantes y harina de pescado

Las operaciones más importantes en el Puerto de Lirquén son:

- Recepción y almacenamiento de la carga.
- Movilización de la carga desde acopio a la nave.
- Movilización de la carga desde la nave a acopio.
- Estiba y Desestiba de la carga.
- Consolidaciones de la carga.
- Stacking y embarque de contenedores.

**CUADRO 5-18**  
**DATOS SERVICIOS PUERTO DE LIRQUÉN**

<b>Superficie para almacenamiento</b>	
<b>Operativa:</b>	314.072 m <sup>2</sup>
<b>Almacenes Cubiertos:</b>	65.731 m <sup>2</sup>
<b>Patios de Carga:</b>	242.000 m <sup>2</sup>
<b>Almacenamiento Extraportuarios:</b>	6.310 m <sup>2</sup>
<b>Otros servicios</b>	
<b>Medios de Transporte</b>	Camiones - Ferroviario
<b>Servicios</b>	Aduana, Romana, Agua Potable, Electricidad
<b>Equipamiento</b>	
Grúas de Muelle:	2
Grúas Montacarga:	35
Tractores:	30
Cargadores Frontales:	6
Bobcat:	1
Trackmobile:	1
Vagonetas:	39
Barredora:	1
Correa Transportadora:	855 m.
Plantas Ensacadoras:	8
Descortezador:	1
Sist. De Balizamiento:	1
Gancho de Escape:	1
Juegos Espías Combinadas:	14
Estación Metereologica:	1

Fuente: elaboración propia

Después de la ampliación del muelle 2, Puerto de Lirquén requerirá más superficie para construcción de patios. Esto implica llevar a efecto sus planes de relleno de la playa para conseguir diez hectáreas de patio. Este proyecto que hoy está en evaluación de impacto ambiental significa por un lado un aumento en la capacidad de servicios del puerto, pero por otro lado, los pescadores que habitan en la cercanía de la playa no podrán recalar en ese lugar, perdiendo su fuente laboral. Además, aumentará la circulación de camiones por el sector y el movimiento de trenes, lo que aumentará la peligrosidad del tránsito de peatones en esa localidad. Por ello, una ampliación en la superficie terrestre del Puerto de Lirquén, amerita un estudio global multicriterio que es justamente lo que se efectuará en este capítulo.



### 5.4.3.3.- Ampliación del Puerto de Talcahuano

El Puerto de Talcahuano se sitúa en la latitud 36° 44' 00" Sur y longitud 73° 06' 00" Oeste en la costa de la ciudad Talcahuano en la orilla oeste de la Bahía de Concepción, al frente del Puerto de Lirquén. Este lugar, abrigado del oleaje ha sido usada como puerto desde 1774. El auge comenzó hacia 1872 con la llegada del ferrocarril, transformándose en el principal puerto del sur de Chile.

El Puerto de Talcahuano cuenta con un sitio para naves comerciales con eslora máxima de 185 metros y calado operacional de 8.3 metros, pudiendo usar la amplitud de marea. Además un sitio para naves pesqueras menores. Ambos gozan del abrigo natural que otorga la Isla Quiriquina y las instalaciones de ASMAR Talcahuano, los que reducen de manera ostensible el oleaje en días de viento, garantizando las operaciones durante las distintas épocas del año.

El Terminal de Talcahuano es administrado por la Empresa Portuaria Talcahuano San Vicente, de carácter estatal, bajo el esquema de multioperación.

Las cargas transferidas en el Puerto de Talcahuano son contenedores. El traslado de carga fraccionada (break cargo) ha evolucionado notoriamente, como maderas, minerales, artesanías, frutas, vinos, destacando los productos derivados de la actividad forestal. También se realiza desembarque de pesca fina para el consumo humano, tales como anchoveta, jurel, sardina, congrio, moluscos y crustáceos.

**CUADRO 5-19**  
**DATOS SERVICIOS PUERTO DE TALCAHUANO**

<b>Sitios de Atraque</b>	
Numero de Sitios:	2
Calado Máximo Permitido:	m. (29 pies)
Eslora Máxima Permitida:	235 mts.
<b>Superficie</b>	
Operativa:	3 Hectáreas
Almacenes Cubiertos:	41.798 m2
Patios de Carga:	149.120 m2
<b>Servicios</b>	
Medios de Transporte	Camiones, Ferroviario, Aéreo
	6 Remolcadores, 4.200 HP. Máx.
	Aduana, Agua Potable, Electricidad, Romana

Fuente: elaboración propia



#### **5.4.3.4.- Ampliación del Puerto de San Vicente**

Emplazado en la Bahía de San Vicente en las coordenadas 36° 44' 00" de Latitud Sur y 73° 09' 00" de Longitud Oeste, el Terminal San Vicente fue entregado en concesión a San Vicente Terminal Internacional el 1° de enero del 2000. Sus propietarios de la concesión son la compañía chilena Sudamericana Agencias Aéreas y Marítimas [SAAM] y por la otra Stevedoring Services of America [SSA].

Cabe mencionar que los espacios marítimos tales como las porciones de agua y fondos de mar de San Vicente son de directa administración de la Autoridad Marítima (Armada de Chile), no existiendo actualmente concesiones marítimas de la Empresa Portuaria Talcahuano – San Vicente.

La Bahía de San Vicente brinda protección natural que dificulta que las corrientes del Pacífico ingresen al puerto disminuyendo las posibilidades de marejadas que imposibiliten el atraque y operaciones portuarias.

Asimismo, la construcción del Puerto de San Vicente, terminado el año 1974, incorporó la construcción de una protección consistente en un rompeolas de aproximadamente 600 metros de longitud, el que se proyectó sobre un área de influencia tal, que impide la acción de las corrientes marinas y otorga calma, tranquilidad y protección a las naves atracadas, y beneficia las faenas portuarias y marítimas.

El puerto es un malecón tipo marginal, construido en terrenos ganados al mar en el costado noreste de la Bahía de San Vicente. Constructivamente cuenta con tres sitios de atraque, aptos para todo tipo de naves, los que forman una plataforma de operación conectada al resto de las explanadas a través de una losa puente de hormigón armado. Las explanadas y almacenes de depósito cuentan con losas de alta resistencia que posibilitan el depósito, movilización y traslado de todo tipo de carga, tanto masiva, como unitaria.

La obras e infraestructuras de sitios 2 y 3, y los respaldos del puerto, datan del año 1974, fecha en que concluyó su construcción. Posteriormente, en la presente década, se construyó el actual Sitio 1. Cuenta con un área total de 399.677 metros cuadrados, de los cuales 181.227 metros cuadrados corresponden a explanadas de depósito de cargas y el resto a terrenos de cerros y áreas de rellenos rompeolas.

Los tipos de carga que se transfieren son: Harina de Pescado, celulosa, papel, maderas en varios tipos y procesamientos, sal, coseta. Productos industriales, entre otros.

**CUADRO 5-20**  
**DATOS TÉCNICOS DEL PUERTO DE SAN VICENTE**

<b>Sitios de Atraque</b>	
Numero de Sitios:	3
Calado Máximo Permitido:	12.19 mts. (40 pies)
Eslora Máxima Permitida:	180 mts.
<b>Superficies</b>	
Operativa:	18 Hectáreas
Almacenes Cubiertos:	5.200 m <sup>2</sup>
Patios de Carga:	31.600 m <sup>2</sup>
<b>Servicios</b>	
Transportes	Camiones, Ferroviario, Aéreo.
Apoyo	6 Remolcadores, 4.200 HP. Máx.
Otros Servicios	Aduana, Electricidad, Romana.

Fuente: elaboración propia

#### 5.4.3.5.- Construcción puerto en Bahía de San Vicente

Se extiende la Bahía de San Vicente desde la península de Hualpén, al sur de la bahía hasta la península Tumbes, al norte, cuyas coordenadas geográficas respectivas son de 36°40' y 36°50' Latitud Sur; y 73°15' y 73°05' Longitud Oeste.

Esta bahía cuya superficie aproximada es de 2.190 hectáreas, dificulta la entrada de las corrientes del Pacífico, convirtiéndose de ese modo en una zona de protección natural de las marejadas producto de vientos alejados de las costas. La zona norte de la bahía, protegida por la península de Tumbes ofrece condiciones muy favorables para instalaciones portuarias.

La zona del extremo sur de la bahía se declaró Santuario de la Naturaleza, es decir, área de reserva y de protección a la naturaleza a petición de la Universidad de Concepción

Los límites de esta zona de acuerdo al decreto emitido por la Comisión Nacional del Medio Ambiente y ratificado por la Municipalidad de Talcahuano y

Hualpén son los siguientes: Norte: Litoral marino de la Bahía de San Vicente y camino que va de Lenga a Concepción, en el tramo comprendido entre la citada bahía y su intersección con la prolongación en línea recta del límite este del Parque Pedro del Río Zañartu. Sur: Río Bio-Bio y litoral marino del Océano Pacífico. Este: Límite divisorio de propiedad del Parque Pedro del Río Zañartu con propiedad de Corfo, y su prolongación en línea recta hasta el camino que va de Lenga a Concepción. Oeste: Litoral marino del Océano Pacífico.

La Península de Hualpén, permite la formación de la Bahía de San Vicente por el Sur. El área se caracteriza por tener un sector de terrazas de topografía plana a ondulada entre la Bahía de San Vicente y la boca norte de la desembocadura del río Bío-Bío con algunos cerros como el Cerro del Conejo con una altura de 53 metros sobre el nivel del mar y el Cerro Teltrén con 144 metros sobre el nivel del mar. Hacia el noroeste se encuentran las formaciones montañosas de las Tetras Norte y Sur que alcanzan 238 metros sobre el nivel del mar y 247 metros, respectivamente.

El Santuario es un área representativa del llamado Bosque Caducifolio de Concepción (Rodolfo Gajardo, 1994), formación vegetacional que se encuentra protegida sólo en un 0,47 % de su superficie total existente en el país, es decir, en 6.131 hectáreas dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Las formaciones boscosas del sector sureste de la península, son muy interesantes y se destacan dentro de las formaciones de matorrales y praderas, en conjunto con la laguna verde y el río Lenga.

Dentro de la red hidrográfica de la zona se distinguen el río Lenga, que desemboca en la Bahía de San Vicente y la Laguna Verde, pequeño cuerpo de agua delimitada por tres laderas empinadas boscosas y un sector de poca inclinación sujeto a inundaciones estacionales. Posee además dos quebradas que originan pequeños esteros de agua dulce que desaguan en el mar. El recurso hídrico más importante corresponde al Océano Pacífico, siendo los otros cursos mayores el Canal Lenga y la desembocadura del río Bío-Bío.

En la vegetación de la península de Hualpén coexisten elementos de comunidades de matorral costero arborescente de la zona mesomórfica y bosque de la zona hidromórfica. Hacia el área noroeste de la península, entre el sector de las Tetras del Bío-Bío y el litoral, se encuentra un matorral muy abierto y pastizales. Sólo en quebradas es posible encontrar árboles con algún

desarrollo. En cuanto a la exclusividad del área de la Península, el principal elemento que se encuentra es la presencia de flora endémica como Queule (*Gomortega Keule*) y Pitao (*Pitavia punctata*).

Los estratos herbáceos presentan diversidad florística como *Cassia stipulacea*, *Chiropetalum tricuspidatum*, *Francoa appendiculata*, *Sanicula crassicaulis* y *Blechnum hastatum*, como las más abundantes. Las lianas y epifitas son típicas en este tipo de bosque costero, encontrándose entre las primeras Coguil (*Lardizabala biternata*), voqui colorado (*Cissus striata*), voqui blanco (*Proustia pyrifolia*), pilpilvoqui (*Boquila trifoliata*), copihue (*Lapageria rosea*).

Elementos destacables por su rareza son también las cuatro especies de orquídeas y la flor de la araña (*Arachnitis uniflora*), especie saprófita que habita exclusivamente este bosque.

En la playa submareal de Caleta Lengua existe un relicto de pradera natural del alga pelillo (*Glacilaria chilensis*) que ha sido sometido a actividades de manejo.

En las formaciones de matorral encontramos maqui (*Aristotelia chilensis*), *Cassia stipulacea*, Quila (*Chusquea quila*) y otras.

La tala del bosque en los sectores más planos por el uso ganadero habría originado la pradera compuestas por gramíneas.

Los acantilados y roqueros del Santuario permiten la nidificación de especies de aves marinas y migratorias, como así también se han encontrado diversas de especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces (Quezada, 1977). La existencia de una importante biodiversidad con la presencia de mamíferos como monito del monte (*Dromiciops australis*), murciélago orejón (*Lasiurus borealis*), murciélago blanco (*Lasirius cinereus*), murciélago rojo (*lasiurus borealis*), murciélago coludo (*Tadanida brasiliensis*).

Los cánidos están representados por el zorro chilla (*Canis griseus*), en cuanto a los octodontos exóticos hay liebres (*Lepus europaus*) y conejos (*Oryctolagus cuniculus*); en tanto la presencia de roedores nativos se centra en las poblaciones de ratoncito oliváceo (*Akodon olivaceus*), coipo (*Myocastor coypus*), laucha de los espinos (*Oryzomys longicaudatus*). Existe abundancia de

ratones aloctonos como rata parda (*Rattus norvegicus*) y rata negra (*Rattus rattus*), pues son parte de la cadena trófica del lugar.

Las aves asociadas a la marisma corresponden a yeco (*Phalacrocorax olivaceus*), garza cuca (*Ardea cocoi*), garza grande (*Casmerodius albus*), garza chica (*Egretta thula*), pato gargantillo (*Anas bahemensis*), cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), entre los catartidos hay Jote de cabeza negra (*Coragyps atratus*), jote de cabeza colorada (*Cathartes aura*). Los reptiles con los ofidios *Tachymenis chilensis*, *Philodryas chamissonis* y las lagartijas *Liolaemus chilensis* y *Liolaemus tenuis*, son los más representativos de este Santuario. En cuanto a los anfibios la presencia de *Eupsophus taeniatus*, *Eupsophus rosseus*, *Pleurodema thaul* y como especie notable *Caudiverbera caudiverbera*, las encontramos en los ambientes pantanosos de esta área. Por último, los ambientes de agua dulce permiten la presencia de gambusia (*Gambusia affinis*) y carpa (*Cyprinus carpio*).

Este Santuario es un ecosistema lacustre y de pantano de alta fragilidad que presenta especies con problemas de conservación como es el cisne de cuello negro y el cuervo del pantano, especialmente por la presión ejercida por la extracción de totora, la caza y pesca furtiva. Esta área debe soportar además una carga de construcciones de todo tipo, no planificado y sin control de uso, especialmente en la falta de manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos que vierten las pesqueras, conserveras y casa habitaciones de la península, sin contar con los contaminantes que desemboca el río Lenga.

Actualmente el Plan regulador Metropolitano de Concepción declaró a este sector como Zona de Protección Ecológica PE-3, (grado de protección ecológica de nivel mayor) al igual como lo declaró el Plan Regulador de la Comuna de Talcahuano.

#### **5.4.3.6.- Construcción puerto en costa Camino a Coronel**

Tal como se ilustra en la fotografía de la ilustración 5-8, esta alternativa de construcción de un nuevo puerto se localiza al sur de la desembocadura del Río Bío Bío entre las coordenadas geográficas 36° 50' Latitud Sur con 73° 09' Longitud oeste y 36° 59' latitud sur con 73° 11' Longitud Oeste. Esta zona costera no posee protección natural debido a que está expuesta a los vientos del

Sur como del Norte dentro del Golfo de Arauco. La climatología, así como el ecosistema natural costero marino corresponde al del Golfo de Arauco, el cual posee una superficie de 1.010 km<sup>2</sup>. En la costa del Golfo de Arauco en que el trayecto camino a Coronel forma parte de ello, se encuentran sedimentos de terrazas marinas en la zona norte; que no presentan una buena resistencia al impacto del oleaje. En Coronel la zona plana se inicia, en algunos puntos, a 50 metros aproximadamente de la línea de marea, con un desnivel de 3 metros. Es preciso considerar, sin embargo, que la Isla Santa María genera un efecto protector.

Su costa presenta una plataforma de un suelo arenoso heredado del antiguo delta del Río Bío Bío, cuya extensión alcanza unos 150 kilómetros cuadrados. Desde la línea de costa hacia tierra adentro existen unos tres kilómetros antes de encontrarse con la cordillera de la costa, planicie en que recientemente se están construyendo edificios extendiéndose la ciudad de Concepción hacia el Sur, es decir hacia Coronel y desde Coronel hacia el Norte, es decir, hacia Concepción.

#### **5.4.3.7.- Ampliación del Puerto de Coronel**

En 1989, la Compañía Chilena de Astillas S.A. e Inversiones y Desarrollo Hartwig S.A. se unen para desarrollar un puerto de carga general en la Bahía de Coronel, en la VIII Región. Así nace la Compañía Puerto Coronel S.A. El área donde se ubica el Puerto de Coronel es la Bahía de Coronel, frente a la ciudad del mismo nombre, entre Punta Puchoco y Punta Cuervos del Golfo de Arauco, siendo las coordenadas geográficas del Puerto de Coronel; 37° 56' 18" de Latitud Sur y 73° 09' 02" de Longitud Oeste.

La decisión de ubicar el puerto en ese sector, denominado Playa Negra, se debe a que cumple con las características requeridas por el proyecto, es decir, las bondades de una bahía abrigada, la profundidad del mar, las disponibilidades de espacio para las construcciones terrestres, sitios de acopio y facilidades de acceso.

En 1996 finalizó la construcción del Puerto de Coronel, que está conformada por un muelle transparente de 2 sitios de atraque. El puente de acceso tiene 336 mts. de longitud y 10 mts. de ancho, conectado a un

cabezo de 172 mts. de longitud y 31 mts. de ancho. La profundidad de agua del cabezo es de 14 mts.

La atención de naves puede ser realizada simultáneamente en dos sitios de atraque ubicados al costado sur y norte del muelle. En marzo del año 2001 entró en operación el tercer sitio de atraque, el cual consiste en una ampliación del puente de acceso en el costado norte para permitir la atención de naves de hasta 11,40 metros de calado y 200 metros de eslora. Este nuevo sitio de atraque demandó una inversión de US \$ 4.000.000. Cabe mencionar que este sitio fue diseñado para la futura implementación de grúas de muelle en éste.

El recinto portuario cuenta con una superficie de 25 ha, siendo el puerto con la mayor relación de superficie de acopio por sitio de atraque. Los patios de acopio, de 22 mil m<sup>2</sup>, están especialmente contruidos para recibir madera aserrada y contenedores. Otros 160 mil m<sup>2</sup> de canchas están dispuestos para el acopio de rollizos; y dos bodegas, de 13 mil m<sup>2</sup> y 7 mil m<sup>2</sup>, respectivamente, se destinan a celulosa. También cuenta con una bodega de 10 mil m<sup>2</sup> para maderas secas y dos almacenes con un área conjunta de 3 mil m<sup>2</sup> para papeles u otras cargas, además de un conjunto de instalaciones para el desarrollo de funciones administrativas y de apoyo a las faenas.

En la actualidad el puerto cuenta con 80.000 m<sup>2</sup> de explanadas para acopio de rollizos. 20.000 m<sup>2</sup> para maderas aserradas. 5.000 m<sup>2</sup> para contenedores. 9.000 m<sup>2</sup> de bodegas para almacenamiento de celulosa con sus correspondientes accesos ferroviarios y camineros. 3.000 m<sup>2</sup> para almacenamiento de madera elaborada y papel.

**CUADRO 5-21**  
**DATOS TÉCNICOS DEL PUERTO DE CORONEL**

	<b>PUERTO DE CORONEL S.A.</b>	<b>TERMINAL MUELLE PUCHOCO</b>	<b>TERMINAL MUELLE JURELES</b>	<b>TERMINAL QUIMIQUERO OXIQUIM S.A.</b>
<b>Características Físicas Máximas de la Nave</b>				
Eslora Máxima	220 metros	250 metros	230 metros	204 metros
Calado	12.97 metros	12.6 metros	11.88 metros	12.2 metros
<b>Condiciones Medioambientales</b>				
Intensidad máxima de viento	26 nudos	12 nudos	12 nudos	30 nudos
Intensidad máxima de corriente	No tiene afección	No tiene afección por corriente	No tiene afección por corriente	No tiene afección por corriente
Maniobras en horas de oscuridad	Si	No	No	No
Alto máximo	1.0 metros	1.0	metros	1.0
<b>Banda de Atraque, Ancas y Amarras</b>				
Banda de atraque	2 sitios de 172 mts.	Estribor	Estribor	Babor
Ancas y número de grilletes	1 Ancla y 5 Paños	1 Ancla de 6 Paños, Babor	1 Ancla de 6 Paños, Babor	2 Rejeras a Proa, 2 Ancas de la Nave
Largos de Proa	4 Espías	3	3	Sin información
Traveses de Proa	Sin información	2	2	2
Spring	2 Espías una de Proa y otra de Popa	2	2	Sin información
Traveses de Popa	Sin información	3	3	Sin información
Largos de Popa	4 Espías	3	3	6 largos 3 por cada banda.
<b>Apoyos</b>				
Nº de remolcadores y Bollard pull mínimo	02 de 1200 HP c/	02 de 1200 HP c/u	02 de 1200 HP c/u	01 de 1200 HP c/l
Nº de lanchas amarradoras	02 de 200 HP. c/u	02 de 200 HP. c/u	02 de 200 HP. c/u	02 de 340 HP. c/u

Fuente: elaboración propia

#### 5.4.4.- Variables técnicas

Para realizar un buen proceso de toma de decisiones respecto a la localización de una infraestructura portuaria es necesario evaluar técnicamente los lugares con condiciones naturales satisfactorias para realizar una inversión de tal envergadura, como lo son las instalaciones portuarias.

La determinación de factibilidad técnica de una alternativa de localización para la inversión de un proyecto de inversión portuaria es altamente dependiente de variables físicas, socio-económicas y ambientales, es por ello que se tratará de describir los principales parámetros que permitan decidir al evaluador la factibilidad técnica del proyecto.

En este punto se indicarán las características del terreno, del puerto a construir, sus accesos viales, sus reservas de suelo para futuro usos de actividad



portuaria, su cercanía a hinterland, cercanía a otros puertos y de todos los factores mencionados en el capítulo 4 para todas las alternativas de localización portuaria a considerar en la aplicación. .

#### 5.4.4.1.- Requerimientos de terrenos para el desarrollo de las actividades portuarias

El requerimiento de terrenos, dependerá principalmente de la cantidad de carga que transitará por el puerto, del tipo de carga a atender por el puerto (contenedores, graneles sólidos o graneles líquidos), número de sitios (capacidad de prestar servicio a un número de naves) y de las correspondientes necesidades de áreas para transportación, almacenaje (cubiertos y descubiertos) y asentamiento de industrias.

Las diferentes alternativas de localización para la instalación de infraestructuras portuarias a analizar, tanto para la construcción de puertos, como para la ampliación de ellos, poseen superficie de reserva, lo cual les permiten extenderse o construir nuevas instalaciones. En el siguiente cuadro se resume estas superficies para cada alternativa.

**CUADRO 5-22**  
**DATOS DE SUPERFICIES DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR**

Localidad	Superficie Actual (ha)	Superficie Requerida (ha)	Superficie Reserva (ha)
Puerto de Lirquén	62	5	10
Puerto de Talcahuano	22	5	1.5
Puerto de San Vicente	22	5	2,2
Puerto de Coronel	80	5	30
Bahía de Concepción	200	5	200
Bahía de San Vicente	200	5	200
Camino a Coronel	100	5	100

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en cada terminal portuaria.

En este cuadro se manifiesta que el Puerto de Talcahuano es el único puerto en la actualidad que posee un área de reserva menor al requerido. En la

portuaria, su cercanía a hinterland, cercanía a otros puertos y de todos los factores mencionados en el capítulo 4 para todas las alternativas de localización portuaria a considerar en la aplicación. .

#### 5.4.4.1.- Requerimientos de terrenos para el desarrollo de las actividades portuarias

El requerimiento de terrenos, dependerá principalmente de la cantidad de carga que transitará por el puerto, del tipo de carga a atender por el puerto (contenedores, graneles sólidos o graneles líquidos), número de sitios (capacidad de prestar servicio a un número de naves) y de las correspondientes necesidades de áreas para transportación, almacenaje (cubiertos y descubiertos) y asentamiento de industrias.

Las diferentes alternativas de localización para la instalación de infraestructuras portuarias a analizar, tanto para la construcción de puertos, como para la ampliación de ellos, poseen superficie de reserva, lo cual les permiten extenderse o construir nuevas instalaciones. En el siguiente cuadro se resume estas superficies para cada alternativa.

**CUADRO 5-22**  
**DATOS DE SUPERFICIES DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR**

Localidad	Superficie Actual (ha)	Superficie Requerida (ha)	Superficie Reserva (ha)
Puerto de Lirquén	62	5	10
Puerto de Talcahuano	22	5	1.5
Puerto de San Vicente	22	5	2,2
Puerto de Coronel	80	5	30
Bahía de Concepción	200	5	200
Bahía de San Vicente	200	5	200
Camino a Coronel	100	5	100

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en cada terminal portuaria.

En este cuadro se manifiesta que el Puerto de Talcahuano es el único puerto en la actualidad que posee un área de reserva menor al requerido. En la

actualidad este puerto posee una tasa de utilización baja, participando en un 1,6% del mercado. Actualmente está en proceso de concesión, pero no se presenta un gran interés por concesionar dicho puerto.

#### **5.4.4.2.- Requerimientos en los aspectos náuticos de un proyecto portuario húmedo**

La localización donde se emplazará un proyecto portuario es altamente dependiente de una variedad de condiciones ambientales, las cuales deben ser analizadas para poder efectuar estimaciones de las diversas opciones de obras costeras, tanto marítimas como portuarias. Una de estas condiciones es el aspecto náutico. Esto implica que la zona donde se desea emplazar un puerto debe contar con un espacio de agua suficiente para poder realizar holgadamente las maniobras para arribar y atacar en el puerto. Las superficies requeridas son determinadas con estudios apoyados con simuladores de maniobras de naves y softwares contruidos especialmente para esta actividad.

En nuestro caso, no se efectuarán estos estudios ni menos aún con la utilización de simuladores, pues no se cuentan con ello. Sin embargo, las condiciones de recursos hídricos de las zonas que conforman las alternativas de localización a estudiar son a la vista son suficientes debido a que cuatro de estas siete alternativas consisten en la ampliación de puertos que actualmente están operativos sin problemas de maniobras para el arribo a sus zonas de atraque. Las tres alternativas restantes se localizan en zonas con superficie y cuerpos de aguas marítima suficientemente amplias para una maniobra segura en los eventuales puertos.

#### **5.4.4.3.- Batimetrías**

Las batimetrías son una herramienta poderosa en cuanto a determinar la configuración del puerto a construir, así como para determinar los costes de construcción de obras de ampliación. En el anexo 1.2 se muestran cartas de navegación que contienen las batimetrías de las costas de las zonas candidatas a localizar una infraestructura portuaria, ya sea un nuevo puerto o una ampliación de él.

De acuerdo a datos reflejados en carta de navegación N° 6110 "Bahías Concepción y San Vicente" realizada por el Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile" Escala 1 : 5000, podemos resumir los datos de profundidades más representativas en siguiente cuadro.

**CUADRO 5-23**  
**PROFUNDIDADES EN COSTA DE AREAS DE LAS ALTERNATIVAS A**  
**EVALUAR**

Localidad	DISTANCIA DE LA COSTA PARA 10 M. DE PROFUNDIDAD (m)	DISTANCIA DE LA COSTA PARA 15 M. DE PROFUNDIDAD (m)	DISTANCIA DE LA COSTA PARA 20 M. DE PROFUNDIDAD (m)
Puerto de Lirquén	350	600	1000
Puerto de Talcahuano	1500	3000	5500
Puerto de San Vicente	0	0	1500
Puerto de Coronel	200	300	950
Bahía de Concepción	2000	3000	5000
Bahía de San Vicente	500	1500	2750
Camino a Coronel	250*	400*	600

\* interpolación efectuada por el autor

Fuente: Elaboración propia desde cartas de navegación

#### **5.4.4.4.- Condiciones ambientales de las localizaciones consideradas**

También es necesario analizar las dificultades que se presentan en la dirección operativa del buque, en relación con las condiciones ambientales tales como: el viento, mareas, corrientes, olas y visibilidad.

Un puerto, sobre todo aquellos que operan con carga a granel tales como los subproductos forestales y de pulpa y papal, no operan con lluvia, pues la carga sufre daños irreparables al ser mojadas. En este caso en particular, la lluvia es un elemento común a las siete alternativas, pues se localizan en un área no mayor a los sesenta kilómetros.

Las condiciones que difieren entre una lugar a otro se resumen en el siguiente cuadro.

**CUADRO 5-24**  
**DATOS DE CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS DE LAS ALTERNATIVAS A**  
**EVALUAR**

PUERTO	VIENTO	MAREAS	CORRIENTES	OLEAJE	OTROS
Puerto de Lirquén	Predominante SW. 10m/s.	1,5 fluctuación media	Sin afección.	Bajo protección natural por isla Quiriquina.	
Puerto de Talcahuano	Predominantes: SW con 5 a 25 nudos de intensidad.	1,50 metros de fluctuación promedio.	Sin afección.	Bajo protección natural por isla Quiriquina y ASMAR.	
Puerto de San Vicente	Predominante: SW en verano y NW en invierno. De 5 a 25 nudos	1,45 metros de fluctuación promedio	Sin afección.	Protección natural de la bahía y gracias a rompeolas de 320 metros de longitud	
Puerto de Coronel	14 m/s.	1,45 metros de fluctuación promedio.	Sin afección.	Protección natural bahía Coronel lado norte.	
Bahía de Concepción	Predominantes: SW con 5 a 25 nudos de intensidad	1,50 metros de fluctuación promedio	Sin afección.	Bajo protección natural por isla Quiriquina y ASMAR	Superficie 167,4 km <sup>2</sup> y una profundidad promedio de 18,5 m.
Bahía de San Vicente	SW en meses de verano y NW en invierno. De 5 a 25 nudos	1,45 metros de fluctuación promedio	Sin afección.	Bajo protección natural de la bahía y gracias a rompeolas de 320 metros de longitud	
Camino a Coronel	14 m/s	1,45 metros de fluctuación promedio	Corrientes Golfo de Arauco sin afección en costa.	Sin protección. Altura Olas de 6 m.	Consigue profundidad

Fuente: Elaboración propia con base en información de estudios entregados por lo puertos estudiados.

#### 5.4.4.5.- Vida útil de los posibles proyectos

Las alternativas de localización serán evaluadas considerando un horizonte de veinticinco años. Este horizonte pudiera parecer de tiempo prolongado, pero en vista de las envergadura de los proyectos de inversión portuaria, su depreciación es de larga duración, incluso más allá de los veinticinco años. Se aprecia en las Recomendaciones Marítimas de Obras Portuarias españolas que bajo ciertas condiciones, la vida útil de una infraestructura portuaria puede considerarse hasta 50 años.

Otro factor a considerar para fijar el horizonte de planificación de los proyectos de inversión portuaria, en este trabajo, es la mecánica del cálculo del valor presente neto. Este indicador de la ingeniería económica posee un comportamiento de sensibilidad decreciente a mayor horizonte de planificación.

Autores de textos relacionados con la ingeniería económica, como ser Sapag, H. en su libro *Herramientas de Ingeniería Económica*, quien indica que calcular valores actuales netos más allá de veinticinco períodos no aporta mayor incremento en el valor del indicador. Esto puede entenderse por la estructura del cálculo, la cual se explica en la siguiente expresión:

$$\text{Valor Actual Neto} = -\text{Inversión} + \text{Flujo}_1/(1+i)^1 + \text{Flujo}_2/(1+i)^2 + \dots + \text{Flujo}_{25}/(1+i)^{25}$$

#### **5.4.5.- Relación Ciudad - Puerto**

El contexto económico actual, centrado en los servicios y los intercambios, hace de las ciudades que sean espacios productivos privilegiados, debido a la concentración de los flujos y a una polarización de las actividades y de las riquezas.

Paralelamente, cada ciudad pertenece a redes globales en la que ésta entra directamente en competencia con sus semejantes del mundo. Así para asegurar su desarrollo, las ciudades van a tratar de atraer, concentrar y dinamizar el máximo de flujos con el fin de posicionarse sólidamente a una escala regional, nacional o internacional.

Las ciudades portuarias constituyen plazas de intercambios abiertas al mundo y propicias a la emergencia de actividades vinculadas a la valorización del proceso de circulación. Solo que la divergencia ciudad/puerto ha tenido como principal efecto el de privar a las ciudades portuarias de esta dinámica potencial. Los puertos han tendido a veces a ser considerados como herramientas técnicas al servicio de una estrategia nacional, lo que ha conducido a privar a las ciudades de su contacto internacional y a desarrollar una estrategia nacional y continental (De Roo, P. 1994).

Por otro lado, los desequilibrios entre las actividades portuarias y las actividades cotidianas de los habitantes de la ciudad provocan decrementos en la calidad de vida precisamente en los ciudadanos. Este fenómeno ya está siendo analizado y considerando en las estrategias de desarrollo portuarios y de desarrollo urbano, cada día con mayor vigor, en las ciudades portuarias de Chile, específicamente en aquellas zonas de mayor actividad de transferencia de carga

y con crecimientos explosivos, como ser el caso de varias ciudades puertos a lo largo de la costa chilena.

La relación entre los habitantes de la ciudad y el puerto que muchas veces se ve rodeado de construcciones urbanas que entorpecen la actividad portuaria y este a su vez, afecta la convivencia de la ciudad. Es uno de las áreas actualmente preocupantes a la hora de evaluar la construcción y posterior operación de un puerto. Los factores que intervienen en la relación de las actividades cotidianas de los habitantes de la ciudad con las actividades portuarias se explican básicamente por:

- La composición de los espacios portuarios es un ejercicio de transformación y de valorización del espacio que debe realizarse de acuerdo a un contexto socioeconómico preciso.
- Las preocupaciones medio ambientales y paisajísticas constituyen un reto urbano fundamental. Como todas las ciudades, las ciudades portuarias deben responder a las expectativas y a una fuerte demanda de los habitantes por una mejora de su marco de vida.
- Las ciudades deben albergar sectores tecnológicos importantes relacionados con los sectores terciarios e industriales, para servir de apoyo a su dinamismo, su modernidad y su capacidad de innovación.
- La cantidad de las funciones terciarias concentradas en una ciudad portuaria conllevan a implantar direcciones administrativas de centros comerciales que permitan a la ciudad portuaria incrementar su influencia, atraer flujos de turismo y empresas y reforzar una vocación regional, nacional o internacional.
- Las actividades culturales forman parte de la nueva dinámica de las ciudades portuarias, a la vez como polos de atracción turística y como herramientas económicas.

Además, el impacto en el medio ambiente, tanto en el medio acuático, atmosférico como terrestre afecta no tan solo a la comunidad circundante al puerto sino que sus efectos llegan a distancias, muchas veces insospechadas.

Veamos el caso de Lirquén. La ciudad está siendo literalmente invadida por el puerto y este a su vez está siendo estrangulado por la ciudad. Esto sucede por causa de los proyectos inmobiliarios cada vez más próximos a zonas planas adyacentes al litoral costero que posteriormente son requeridas para apoyar las actividades portuarias.

Para el caso de Coronel, en lo portuario, las ampliaciones y diversificaciones configuran una mayor oferta de servicios, que se ve entrabada por las dificultades de acceso hasta los recintos portuarios a través de la ciudad, generándose tránsitos incompatibles entre sí, situación que también necesariamente deberá abordarse en el corto plazo.

Ambas actividades fácilmente podrán ser complementadas por servicios conexos ya Edisponibles o de fácil instalación en la ciudad, para dar apoyo y complementar la oferta portuaria e industrial.

Para el caso de Talcahuano y San Vicente, vemos que la empresa Portuaria Talcahuano, propietaria de 11 has de terreno de uso portuario propiamente tal, ha propuesto la utilización de 5,8 has de sectores en alto estado de deterioro, para un esquema urbano inmobiliario que tenga por objeto crear valor para la empresa y al mismo tiempo, hacer un significativo aporte urbanístico y turístico a la ciudad. La empresa, durante 1999, definió la estrategia de acción con apoyo de Universidades y oficinas de Arquitectura e Ingeniería, desarrollando así un "Plan Director del Puerto de Talcahuano", que incluye la totalidad del Puerto, con definición de usos y Anteproyecto Arquitectónico de Desarrollo, intentando responder a las necesidades de la ciudad de Talcahuano, que a la vez se constituye en un nuevo polo de negocios para la Empresa.

El proyecto plantea principalmente la integración de la zona central de la ciudad con el borde mar, fomentando la generación de actividad urbana con nuevos espacios públicos que recorren la explanada y el borde que da forma a la Poza Blanco. Aparecen así la Plaza Marítima generando paseos, Centros de eventos y comerciales, la Plaza de la ciudadanía mirando hacia el mar, el Paseo de los Vientos flanqueado por edificios que van generando vistas al mar.



Se recupera así para el ciudadano una vivencia perdida desde hace más de 40 años, cuando la relación Ciudad Puerto se vio limitada por la ampliación de este último, sus vías de acceso y los opacos muros de resguardo. En éste, como en otros casos de Ciudades Puertos de Chile, se ha dado paso, al menos en las ideas, a una mayor apertura frente a las ventajas y rentabilidades de la (re) apertura física y diversificación de actividades lucrativas para las empresas portuarias.

Realizando una encuesta a personeros del gobierno comunal, municipalidades, alcaldías, junta de vecinos y empresarios portuarios, respecto a la importancia que atribuyen al fenómeno de ciudad puerto a la hora de considerar el emplazamiento de un nuevo puerto o ampliación de alguno de ellos, se ha obtenido una escala de importancia en cada localidad alternativa para el emplazamiento de una infraestructura portuaria. Esta información se sintetiza en el siguiente cuadro. (ver anexo 3)

**CUADRO 5-25**  
**CONCEPTO CALIFICACIÓN RELACION CIUDAD-PUERTO**

<b>Alternativa de Localidad</b>	<b>CONCEPTO RELACION CIUDAD-PUERTO</b>
Puerto de Lirquén	MUY ALTO
Puerto de Talcahuano	ALTO
Puerto de San Vicente	MUY ALTO
Puerto de Coronel	MEDIO
Bahía de Concepción	MUY BAJO
Bahía de San Vicente	BAJO
Camino a Coronel	MUY BAJO

Fuente: elaboración propia a partir de encuestas a autoridades y representantes de la ciudades.

Los niveles jerárquicos son cinco: MUY ALTO, ALTO, MEDIO, BAJO, MUY BAJO.

#### **5.4.6.- Costes por construcción o ampliación del puerto**

Sin lugar a dudas, un puerto debe considerarse como una actividad rentable, ya sea en términos de beneficio social como privado o comercial. Esto nos lleva a deducir, fundamentado en los planteamientos explicados en los capítulos anteriores, que el coste de realizar una infraestructura portuaria o ampliación de ella, así como el coste de su posterior operación, es un factor con un peso de mucha consideración por los tomadores de decisión. El indicador de

beneficio-coste, o el valor actual neto u otro es un indicador primordial a la hora de analizar la información requerida para la toma de decisiones. En este caso, consideraremos el coste anual equivalente para comparar costes entre las distintas alternativas.

Los costes consideradas en esta aplicación respecto a evaluar las alternativas de localización de emplazamiento de un puerto, son en su mayoría costes que difieren de un lugar a otro. Aquellos costes que permanecen constantes en todas las alternativas no serán consideradas, pues lo que interesa es el diferencial entre ellas, para comparar el coste total combinado con otras variables, tales como la relación ciudad-puerto y el factor ambiental, de cada alternativa.

#### **5.4.6.1.- Coste de construcción de líneas de atraque**

El cálculo del coste de las líneas de atraque a construir se ha calculado considerando el coste de la placa de anclaje, el coste del puente o plataforma de acceso, el coste del atracadero y los estudios pertinentes de ingeniería, mecánica de suelo, de régimen de vientos, oleaje y perfil estratográfico con su topohidrografía.

Un factor a considerar en la determinación del coste del puente es su longitud, equivalente a la distancia entre la placa de anclaje localizado en el delantal del muelle y el atracadero o línea de atraque.

La profundidad de la obra sujeta a los requerimientos del calado necesario para atender los buques, es otro factor importante en el proceso de obtención del coste del atracadero y del coste del puente de acceso a la línea de atraque. Además, se debe tomar en cuenta la estratografía del suelo marino, el régimen de oleaje, de viento, corrientes marinas y mareas.

En las alternativas de ampliación, se ha supuesto que solo se amplían los sectores del atracadero, por lo tanto, el coste por concepto de ampliación será el de construcción de la línea de atraque sin considerar el puente de conexión a la placa de anclaje en el delantal de la terminal. En cuanto a posibles diferencias

de construcción en las líneas de atraque a construir o ampliar en las diferentes alternativas a consecuencia de una variación en el tamaño de la obra, pensando en atender las demandas locales de cada lugar, se vuelve a indicar que este estudio aborda el problema de seleccionar la mejor alternativa de un lugar para emplazar una terminal, sea nueva o ampliación de una existente, se enfoca la solución desde una perspectiva logística y sistémica, en que la demanda de servicios portuarios a atender es global, es decir, puede ser satisfecha en cualquiera de estos lugares a seleccionar. Por lo tanto, cualquier alternativa en evaluación tendrá que atender la misma demanda y de iguales características, lo que implica que bajo este concepto, las dimensiones de las obras son básicamente similares.

El tipo de construcción que se evaluará es de pilotes en acero, debido que este tipo de construcción es el más preponderante en los puertos de Chile. Los pilotes son de veinticinco milímetros de espesor y ochenta y cinco centímetros de diámetro. La configuración de los pilotes es en diagonales o en “V”, Se hincan en el suelo marino hasta que el martinete o máquina hincadora de cien golpes para avanzar en la vertical un pie.

En la actualidad, se está inicializando la construcción en pilotes de un metro y veinte centímetros de diámetro, con el fin de que absorban el torque en reemplazo de los elementos constructivos para contrarrestar los esfuerzos horizontales a través de los pilotes en diagonal, ahorrando de esta forma el coste de la construcción y de material de los pilotes en “V”.

Otra consideración en el cálculo del coste de la construcción de las líneas de atraques es suponer que la configuración es similar para cada alternativa de localización, así como el número de pilotes de la línea de atraque y la profundidad de hincamiento de ellos. Esto, basado en la similitud de la estratografía de los terrenos en las tres bahías en que se sitúan las alternativas de emplazamiento de la infraestructura portuaria, siendo la variable más significativa el perfil del fondo marino, lo que conlleva a determinar distintas dimensiones en la longitud del puente y la cantidad de pilotes requeridos para el puente de conexión.

Respecto al coste de los estudios pertinentes de las actividades mencionados en los párrafos anteriores, se supone que poseen un coste similar para las diferentes alternativas de emplazamiento de una terminal consideradas en esta aplicación. Por lo tanto, no son consideradas en la determinación del coste de las diferentes alternativas.

Información recogida de entrevistas efectuadas a ingenieros de empresas constructoras especializadas en ese rubro portuario, ha permitido realizar los cálculos para la obtención de los costes de construcción de las líneas de atraque, considerando un largo promedio de 280 metros de línea de atraque a una profundidad de 13.5 metros con una anchura de 200 metros y distintas distancias de penetración al mar. Este coste posee un recargo cada vez que la distancia entre la línea de costa y la obra de la línea de atraque aumenta. Estas dimensiones están sujetas al caso particular de Chile en que la mayor cantidad de buques atendidos por sus terminales poseen características de Feeder, Feedermax y Handy y que se supone que las puertos chilenos comenzarán a atender buques de mayores capacidades a los actuales, de hecho en terminales del Puerto de San Antonio ya han atendido barcos clasificados dentro del grupo Panamax con 13,5 metros de calado. Entonces, en esta aplicación de la metodología se trabajó bajo el supuesto que las ampliaciones o nuevas construcciones de terminales estarán diseñadas para atender barcos clasificados dentro de los grupos de los Handy y Subpanamax cuyas características se indican en el cuadro 5-26 y la anchura recomendada de las terminales según la naturaleza, se indica en el cuadro 5-27.

Para calcular el coste de construcción del puente de conexión entre la placa de anclaje y el atracadero, se adiciona un coste dependiente básicamente del largo de él. En síntesis, el coste de construcción de la línea de atraque se compone por la inversión inicial, de los aspectos mencionados y los gastos por concepto de reparaciones y mantención preventiva y programada de la estructura de la línea de atraque, así como sus instalaciones. Algunos autores de textos que orientados a la recomendación para la construcción y operación de obras marítimas, indican elegir aquella configuración de la estructura de las obras de líneas de atraque, cuyo coste total combinado de la inversión inicial más los gastos en el tiempo de la vida útil del proyecto en cuestión, sea mínimo. (ver anexo 2)

**CUADRO 5-26**  
**CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICA DE BARCOS DE CONTENEDORES**

BARCO	TPM	TEUS	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)	
Feeder	5.000	250	150	25	8,00	
Feedermax 1ª generación	20.000	1.000	200	28	10,00	
Handy	35.000	2.000	240	30	12,00	
Subpanamax	50.000	3.000	260	32	13,00	
Panamax	60.000	4.000	280	32	13,50	
Postpanamax	70.000	5.000	300	40	14,00	
Superpanamax	80.000	6.000	320	43	14,00	
Nueva generación	90.000	7.000	350	45	14,50	

Fuente: Entregado por Dr. Vicente Negro, en base a Handbook Quay Walls, página 28

**CUADRO 5-27**  
**ANCHURA RECOMENDADA PARA TERMINALES SEGÚN SU NATURALEZA**

NATURALEZA DE LA TERMINAL	ANCHURA RECOMENDADA (m)
Terminales polivalentes	150 - 200
Terminales de granel sólido	200 - 400
Terminales de granel líquido	30 - 50
Contenedores feeder	200 - 300
Contenedores hub	400 - 600
Terminal ro - ro	100 - 150

Fuente: Entregado por Dr. Vicente Negro, en base a naturaleza de las superficies en las infraestructuras portuarias.

Con todo lo anterior, la ecuación para el cálculo del coste de las líneas de atraque para las diferentes alternativas consideradas en esta aplicación es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{COSTE LÍNEA ATRAQUE} = & \text{SUPERFICIE PLACA DE ANCLAJE} * \text{COSTE UNITARIO} \\ & \text{LARGO PUENTE} * \text{COSTE UNITARIO PUENTE} \\ & + \text{LARGO ATRACADERO} * \text{COSTE UNITARIO DE} \\ & \text{ATRACADERO} \\ & + \text{INCREMENTO POR DISTANCIA PENETRACION AL MAR} \end{aligned}$$

Realizando los respectivos cálculos, considerando las distintas pendientes de las diferentes lugares a estudiar y suponiendo altura de pilotes similares debido a lo explicado en los párrafos anteriores, se han obtenido los costes de construcción o ampliación de líneas de atraque respectivos que se indican en el siguiente cuadro.

**CUADRO 5-28**  
**COSTES DE CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE ATRAQUE**  
 (valores en dólares norteamericanos)

Alternativa de Localidad	COSTES LINEA DE ATRAQUE		
	12,2m (40 p)	14,32 (47p)	18,3m (60 p)
Puerto de Lirquén	24.983.333	35.066.667	51.200.000
Puerto de Talcahuano	51.200.000	71.366.667	131.866.667
Puerto de San Vicente	10.866.667	16.916.667	31.033.333
Puerto de Coronel	18.933.333	22.966.667	49.183.333
Bahía de Concepción	51.200.000	91.533.333	131.866.667
Bahía de San Vicente	31.033.333	71.366.667	121.783.333
Camino a Coronel	20.950.000	27.000.000	35.066.667

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.6.2.- Coste de dragado

El coste de dragado correspondiente a cada alternativa de localidad para construir o ampliar un puerto, es obtenido mediante el cálculo producto del coste unitario por metro cúbico y el volumen a dragar. La cubicación corresponde a una cuña simple, de 80 metros de ancho con un diferencial de profundidad en la base de acuerdo a la batimetría actual y la profundidad deseada, por el largo resultante de la proyección de la rasante horizontal sobre el perfil de la costa sumergida, hasta igualar la profundidad deseada con la existente.

Se determinó el volumen a dragar para cada opción de profundidad (10,15 y 20 metros), arrojando un coste de dragado para cada alternativa y profundidad. En el siguiente cuadro se indican los costes mencionados. Para efectos de considerar los movimientos de transporte y en base a datos históricos recolectada en las administraciones de los puertos, podremos estimar que se necesitará volver a realizar dragados cada diez años. Para mayor información respecto a dragado. (ver anexo 2.

**CUADRO 5-29**  
**COSTE POR CONCEPTO DE DRAGADO**  
 (valores en dólares)

<b>Alternativa de Localidad</b>	<b>Coste Dragado para 12,2m (40 p)</b>	<b>Coste Dragado para 14,32 (47p)</b>	<b>Coste Dragado para 18,3m (60p)</b>
Puerto de Lirquén	94.114	219.600	234.240
Puerto de Talcahuano	1.649.440	3.557.520	6.391.025
Puerto de San Vicente	0	0	790.560
Puerto de Coronel	0	0	188.779
Bahía de Concepción	2.371.680	3.557.520	5.668.608
Bahía de San Vicente	263.520	1.405.440	2.460.851
Camino a Coronel	14.640	36.600	0

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.6.3.- Coste de obras de abrigo

En este ítem se analiza la factibilidad técnica y económica para la construcción de obras costeras de abrigo. En este sentido, la alternativa de construir una infraestructura portuaria en la costa de Camino a Coronel, localidad que no está protegida por una bahía, requiere de una obra de abrigo. En esta costa es técnicamente factible realizar un dique de abrigo o rompeolas y su coste estimado para dicha localidad asciende a unos 36 millones de dólares norteamericanos, para una longitud del dique de 1.500 metros. Debido a la fuerte pendiente inicial del fondo marino en esta costa, el atraque alcanza la profundidad de 20 metros a los 600 metros de la línea de costa (ver cuadro 5-23), esto implica que las dimensiones del dique de abrigo en cualquiera de las distintas opciones de profundidad requeribles. Por tanto, el dique de abrigo a construir para proteger la terminal cuyas líneas de atraque tengan profundidades entre los 12 metros hasta 18,3 metros será similar. El criterio de selección entre las posibilidades de configuración del dique de abrigo es similar a la explicada en el último párrafo del epígrafe 5.4.6.1. (Coste de construcción de líneas de atraque) (ver anexo 2)

La opción de construir una terminal en el lado sur de la bahía de San Vicente, sector de Playa Lenga, también requiere de obras de abrigo. Sin

embargo, el puerto de San Vicente, localizado en el extremo norte de su bahía, posee un dique de abrigo, que es el que debe prolongarse, cualquiera que sea la profundidad del atraque a construir dentro del rango que contempla el análisis efectuado en esta aplicación, que comienza en los 12 metros hasta los 18, 3 metros equivalentes a sesenta pie.

El coste de la ampliación de la obra de abrigo, se estima en 20 millones de dólares.. En el siguiente cuadro se indican los costes para construcción o prolongación de diques de abrigo para las alternativas indicadas en el mismo cuadro. (ver anexo 2)

**CUADRO 5-30**  
**COSTE POR CONCEPTO DE OBRA DE ABRIGO**  
(valores en millones de dólares)

<b>Alternativa de Localidad</b>	<b>Coste 12,2m (40 p)</b>	<b>Coste 14,32 (47p)</b>	<b>Coste 18,3m (60 p)</b>
Bahía de San Vicente	20	20	20
Camino a Coronel	36	36	36

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.6.4.- Coste por superficie

La construcción de un puerto no tan solo requiere superficie en la plataforma acuática, sino que también en la superficie adyacente. Tanto la superficie acuática como terrestre poseen un valor para obtener el derecho de uso. En el caso de la superficie acuática marina, se procede a una concesión de uso de agua en la costa junto a una concesión de superficie de costa. Este valor está estipulado en reglamentos de concesiones marinas y superficies costeras administradas por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) de la Armada de Chile. Para aquellas localidades en que el territorio está ocupado por industrias, debe solicitarse la concesión territorial o marítima a DIRECTEMAR, e indemnizar al beneficiario actual. Además, la zona adyacente a los 100 metros de la línea formada por la marea más alta, puede ser de propiedad estatal como de algún privado. Tanto el puerto existente que desee ampliarse en su territorio como aquellos que planifican



construir un nuevo puerto, deben adquirir la propiedad comprando al actual propietario. En caso de que dicho espacio requerido este destinado a ocupación habitacional, los gestores del nuevo puerto o del existente, deben solicitar cambio de uso de suelo a las instituciones pertinentes.

Por lo tanto, para obtener un valor referencial se utilizará el valor de mercado en las distintas alternativas de localidades de construcción de puerto.

Considerando el cuadro 5-22, "DATOS DE SUPERFICIES DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR" y el valor por unidad de la superficie a adquirir y el valor de la concesión marítima y costera, se confeccionó el cuadro siguiente:

**CUADRO 5-31  
COSTE POR SUPERFICIE MARITIMA Y TERRESTRE**

Localidad	Superficie Actual (ha)	Superficie Adicional Requerida (ha)	Superficie Reservada (ha)	Superficie Adquirir Terceros (ha)	Costo por m2 (US\$)	Costo Superficie (Mill. US\$)	Costo Concesión (Mill. US\$/año)
Puerto de Lirquén	62	5	10	0	35	0	0
Puerto de Talcahuano	22	5	1,5	3,5	70	2,45	0
Puerto de San Vicente	22	5	2,2	2,8	60	1,68	0
Puerto de Coronel	80	5	30	0	35	0	0
Bahía de Concepción	200	5	200	5	18	0,9	0,1
Bahía de San Vicente	200	5	200	5	18	0,9	0,1
Camino a Coronel	100	5	100	5	15	0,75	0,09

Fuente: elaboración propia con información recopilados en puertos y Cámara de la Construcción

#### 5.4.6.5.- Coste por vías de acceso

En lo referente a la accesibilidad de vehículos de transporte por carretera, en la actualidad no están del todo expeditas y existe una opinión pública muchas veces encontrada con los representantes de los propietarios portuarios, en relación al tráfico peligroso para los habitantes del paso de camiones con carga a través de la ciudad para ingresar a los puertos. Sin embargo, este coste de construcción de soluciones de calidad en los accesos a los puertos existentes no se consideran en la evaluación de las alternativas de ampliación, debido que es una acción a acometer independiente de la ampliación, caso distinto para las alternativas de construcción de un nuevo terminal portuario.

**CUADRO 5-32**  
**INVERSIÓN EN ACCESO DE FERROCARRIL Y CAMIÓN**  
 (valores en dólares norteamericanos)

Localidad	COSTE ACCESO LINEA FERREA (US\$)	COSTE ACCESO RODOVIARIO (US\$)
Puerto de Lirquén	0	0
Puerto de Talcahuano	0	0
Puerto de San Vicente	0	0
Puerto de Coronel	0	0
Bahía de Concepción	31.917.840	829.796
Bahía de San Vicente	23.977.519	585.813
Camino a Coronel	4.054.716	571.413

Fuente: elaboración propia basado en datos de Empresa Ferrocarriles del Estado

#### 5.4.6.6.- Coste por conexión servicios

Además de la realización de inversiones de acceso a la infraestructura portuaria para las alternativas de localización de nuevas instalaciones, debemos considerar otras inversiones de servicios como ser agua potable, red de alcantarillados y conexión de electricidad y redes alámbricas de transmisión de datos. Para la obtención del valor de estas inversiones se calculó un coste fijo por instalaciones de los servicios más un coste variable dependiente de la longitud de las obras de conexión a redes factibles a realizar. En el próximo cuadro se indican los costes en dólares norteamericanos de estas inversiones para las alternativas de instalaciones.

**CUADRO 5-33**  
**INVERSIÓN RED DE AGUA, ALCANTARILLADOS, ENERGIA Y COMUNICACIÓN**  
 (valores en dólares norteamericanos)

Localidad	COSTE RED ALCANTARILLADO (US\$)	COSTE RED AGUA POTABLE (US\$)	COSTE RED ENERGIA ELECTRICA (US\$)	COSTE RED COMUNICACIONES (US\$)
Puerto de Lirquén	0	0	0	0
Puerto de Talcahuano	0	0	0	0
Puerto de San Vicente	0	0	0	0
Puerto de Coronel	0	0	0	0
Bahía de Concepción	37.182	497.065	127.202	103.718
Bahía de San Vicente	27.397	105.675	225.049	201.566
Camino a Coronel	27.397	46.967	107.632	84.149

Fuente: elaboración propia basado en datos obtenidas en Empresas de Servicios

**5.4.6.7.- Coste por construcción de edificios:**

Solo serán consideradas los costes por concepto de edificar en los lugares que constituyen alternativas de construir una nueva obra portuaria. Esto debido a que se supone que estas instalaciones ya están realizadas en aquellas alternativas que existe infraestructura portuaria y que tan solo se requiere ampliar las obras de líneas de atraque. Aunque se requiera más espacio de edificación en las localidades en que se estudie la ampliación, se supone que la existente absorbe los requerimientos de espacio para el albergue de trabajadores de operación como administrativos. Se estima una superficie de 100 m<sup>2</sup> para la atención de requerimientos de la nueva línea de atraque. El coste asociado a ella se obtiene de la multiplicación del coste unitario de edificación por la superficie total a construir. En el siguiente cuadro se indican los valores de inversión obtenidos para las alternativas de construcción de terminales portuarias.

**CUADRO 5-34**  
**INVERSIÓN POR CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS**

Localidad	COSTE EDIFICIOS (US\$)
Puerto de Lirquén	0
Puerto de Talcahuano	0
Puerto de San Vicente	0
Puerto de Coronel	0
Bahía de Concepción	24.658
Bahía de San Vicente	24.658
Camino a Coronel	24.658

Fuente: elaboración propia basado en datos  
de Empresas Portuarias y Constructoras

**5.4.6.8.- Coste por ampliación de parque de almacenamiento**

Esta obra es necesaria realizarla en todos las alternativas a considerar. Tanto en una ampliación, como en una nueva construcción de las líneas de atraque, debe destinarse una superficie para el almacenamiento de la nueva mercancía a atender. Por lo tanto, no se considerará en la determinación de los flujos incrementales para el caso en estudio.

#### **5.4.6.9.- Coste por adquisición e instalación de equipos para la operación**

La adquisición e instalación de equipos de descarga es fundamental para efectuar la operación portuaria. Aunque los equipos existentes en un puerto que se desee ampliar pueden ser utilizados en la operación de una nueva línea de atraque, se supondrá en este ítem, que la su adquisición es complementario a la ampliación de la terminal existente.

Respecto a la adquisición y operación de equipos en una construcción de una nueva terminal portuaria, siempre debe acompañar a la infraestructura. Debe considerarse en las inversiones. Por lo tanto, la adquisición e instalación de equipos de carga y descarga no configura en el flujo incremental en este caso.

#### **5.4.6.10.- Coste por nuevo personal**

Tanto el realizar una nueva obra portuaria, así como ampliar un puerto, requiere nuevo personal para realizar la operación de la nueva línea de atraque. Sin embargo, en el caso de ampliación de una terminal, el personal necesario para atender los nuevos requerimientos de operación de la terminal ampliada, serán en su mayor parte, los mismos trabajadores de antes, con una ampliación de nuevas contrataciones. Desde un punto de vista de horas-hombres, se supondrá que en ambos casos, sea ampliación o construcción de una nueva terminal, se requerirá la misma cantidad de horas trabajadas para atender las necesidades de operación. Esto implica no considerar el coste de nuevo personal en los flujos incrementales.

#### **5.4.6.11.- Coste por equipos de gabinete**

Se supondrá que los equipos que actualmente se estén utilizando en la terminal que se pretenda ampliar estén siendo usados con un factor de utilización que no permita destinarlos a nuevas ampliaciones. Por lo tanto, el coste por concepto de adquisición y operación de equipos de gabinete será similar para los casos de ampliación de una terminal como para la construcción de una nueva. Es decir, tampoco serán consideradas en los flujos incrementales.

#### **5.4.6.12.- Coste por administración**

Para el caso de aplicación en estudio, se supondrán políticas uniformes de administración y de salarios para las diferentes alternativas de localización. Son independientes de la localidad de cada alternativa a considerar. Debido al enfoque utilizado en la determinación de la localización, en que las variables consideradas son dependientes de la localidad a evaluar, consideraremos a las políticas de administración más bien dependientes de la empresa portuaria en cuestión, que de la localidad en si misma.

Por lo tanto, este gasto no será incorporado en la configuración de los flujos incrementales de las alternativas consideradas.

#### **5.4.6.13.- Coste de no operación**

Este se genera a partir de las condiciones inseguras para realizar una operación portuaria adecuada y con riesgos mínimos. La Armada de Chile, a través de las Capitanías de Puerto correspondientes a la localidad de cada puerto, posee la potestad de velar por el resguardo seguro de las personas que operen en aguas territoriales. Es la correspondiente Capitanía de Puerto quien regula y quien fiscaliza a los puertos en el cumplimiento de las resoluciones emanadas, con la finalidad de asegurar una operación con el mínimo riesgo de accidentes para las personas y equipos. Los reglamentos emanados por ella, indican las condiciones que debe poseer un puerto para ser autorizado a operar y las condiciones que establecen el cierre de los puertos.

La condición de cierre del puerto, se establece en base a las Resoluciones Locales establecidas por las respectivas Capitanías de Puerto, de acuerdo al grado de restricción en que se vea afectada la seguridad del personal, las embarcaciones, la navegación, operaciones y actividades en los recintos portuarios y el borde costero. En términos generales, se entiende por:

- Tiempo Variable, viento menor de 20 nudos, con aviso de mal tiempo vigente.
- Mal Tiempo, con viento de entre 20 y 30 nudos.
- Temporal, con viento sostenido superior a los 35 nudos.

- Marejadas, con fuertes rompientes en sectores costeros y portuarios.
- Cerrazón de Niebla, con visibilidad reducida menor a 1 Km.
- Ventisca o Nevazón, con visibilidad muy reducida por nieve.

El cierre del puerto también es decretado ante la ocurrencia de sismos, accidentes marítimos, contaminación, faenas peligrosas, celebración de eventos especiales o la desactivación del Capitanía de Puerto de la localidad pertinente. (DIRECCIÓN DE SEGURIDAD Y OPERACIONES MARÍTIMAS; Referencia: Directivas Ordinarias Dirección General de Territorio Marítimo N° 41/001 del 20 de Octubre de 1999 y 21/004 del 06 de Agosto de 2004). Este período de inoperación produce un coste de oportunidad de operar adecuadamente. También existen períodos de imposibilidad de operación de una terminal producto de lluvias de tal magnitud, que no permiten un trabajo portuario sin dañar la mercancía, por ejemplo, debido a una pluviometría extrema. Para la obtención del coste por no operación se considerará el coste por concepto de no recibir ingresos por prestación de servicios en desembarque o embarque, pero considerando los gastos normales, excepto personal de embarque.

**CUADRO 5-35**  
**COSTE POR NO OPERACIÓN PORTUARIA**

Localidad	COSTE (US\$)
Puerto de Lirquén	151.118
Puerto de Talcahuano	151.118
Puerto de San Vicente	100.745
Puerto de Coronel	201.490
Bahía de Concepción	151.118
Bahía de San Vicente	100.745
Camino a Coronel	0

Fuente: elaboración propia basado en datos de Empresas Portuarias.

#### 5.4.7.- Costes externos

Los costes indicados en los cuadros anteriores corresponden a los costes diferenciales directos de inversión producto de localizar un puerto en determinado lugar. Sin embargo, para el proceso de toma de decisión de la localidad más conveniente de un conjunto de alternativas, el cuantificar los costes de operación en transporte que atañe a otras empresas pero que prestan

servicios en la cadena de transporte, es de suma importancia a la hora de comprender y visualizar la actividad de transporte como un sistema, o mejor dicho, bajo un enfoque logístico.

En la cadena de transporte de mercancías del caso en estudio, debemos minimizar el coste de transportar la nueva cantidad de mercancías producto del incremento en la demanda de cargas, consideradas desde su origen o desde el lugar de generación de cargas hasta el destino final. Determinar el mínimo coste de la cadena de transporte analizando las distintas alternativas de rutas productos de la diferentes ubicaciones de los nodos de trasbordos, es lo que se pretende determinar con el criterio económico.

En la aplicación en estudio, se analizará parte de la cadena de transporte, es decir, aquella sección que nace en el punto generadora de carga u origen y el puerto de salida de mercancías o vistos desde el otro sentido, desde el puerto de entrada a la Región hasta el destino final.

En síntesis, en este punto “Costes Externos” contabilizaremos los costes de otros eslabones del transporte, como ser el transporte terrestre, durante un horizonte de veinticinco años, que se considerarán en el criterio económico del modelo multicriterio en el subcriterio costes externos, que indicará la ventaja de localizar una terminal portuaria en determinado lugar, causado por una baja de los costes de transporte terrestre, dentro de la cadena de transporte.

Después se incorporará otros criterios de decisión, tal como el criterio social o de relación ciudad-puerto y el ambiental.

#### **5.4.7.1.- Coste por transporte terrestre a hinterland**

Se analizan los costes de transporte del puerto al hinterland y viceversa para cada alternativa de localización y según la modalidad de transporte (tren, camión).

La Ruta Interportuaria Talcahuano-Penco, por La Isla Rocuant fue puesta en servicio el año 2005. Su área de influencia es toda la VIII Región y su inversión fue de US\$ 28,5 millones.

**ILUSTRACION 5-11  
TRAZADO RUTA INTERPORTUARIA.**



Fuente: [www.concesioneschile.cl](http://www.concesioneschile.cl)

Su propósito es mejorar la infraestructura vial de acceso a los principales complejos marítimo portuario y aéreo portuario de la VIII Región, permitiendo además, un desarrollo urbano, inmobiliario e industrial.

Se extenderá por el borde costero de la bahía de Concepción, desde la intersección de la autopista a ruta Lirquén – Penco - Concepción hasta el sector industrial de Talcahuano. Con una longitud de diez kilómetros.

La longitud de esta ruta es la mitad de la actual camino de Lirquén a Talcahuano, por lo que los tiempos de viaje se reducirán más allá de la mitad, lo que constituirá un aporte al desarrollo turístico al acercar a esa zona a la Bahía de Concepción y mejorará el enlace de Lirquén para conectarlo con la vialidad existente.

Entre otros beneficios para la VIII Región, se destacan el gran aumento de su competitividad comercial nacional e internacional y un mejor acceso a los puertos de Lirquén, Penco, Talcahuano y San Vicente, al Aeropuerto desde todo el litoral costero e interior de la VIII Región.

Los impactos más positivos para Concepción serán una sustancial reducción del tránsito de camiones por sus calles y el mejoramiento de la



vialidad estructurante del área metropolitana, lo que disminuirá la congestión, la contaminación y los accidentes. También descongestionará las vías urbanas de Talcahuano, al actuar como by-pass para los flujos provenientes del norte del país con destino a la zona portuaria de Talcahuano-San Vicente.

La Ruta Interportuaria recuperará e incorporará importantes extensiones territoriales, estimulando áreas de crecimiento, como se contempla en el Proyecto de Plataforma Logística auspiciado por el Gobierno Regional con la participación de entidades privadas. Se trata de terrenos aptos para el crecimiento urbano y para construir nuevos centros de acopio y transferencia de carga terrestre y aeroportuaria, potenciando la actividad intercomunal y regional.

En el sector de la Isla Rocuant, la obra permitirá un gran desarrollo urbano e industrial, pues tendrá una conexión directa con el resto del país en todos los modos de transporte. La disponibilidad de terrenos y su ubicación estratégica permitirán consolidar el desarrollo de la Isla Rocuant.

#### ILUSTRACIÓN 5-12 TRAZADO BY PASS PENCO – LIRQUÉN



Fuente: [www.concesioneschile.cl](http://www.concesioneschile.cl)

Para Lirquén y Penco, se construirá un By Pass de tres kilómetros con el propósito de liberar del tránsito pesado el interior de la ciudad de Penco y de Lirquén. Conectará el sector oriente del sector urbano e interceptará la Autopista del Itata, aproximadamente un kilómetro al oriente del nudo vial existente, conectando a dicha autopista con la ruta al norte y con la ruta Interportuaria.

localización, son mínimas, debido a que existe una cercanía relativa a los recorridos, incluso, las líneas férreas son las mismas para las diferentes alternativas, sólo difieren en los ramales.

**CUADRO 5-37**  
**FLUJOS DE COSTES POR TRANSPORTE ORIGEN DESTINO**  
(tarifa en dólares norteamericanos)

ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN	2.006	2.007	2.008	2.0 09	2.010
PUERTO LIRQUEN	2.906.248	6.027.793	9.380.846	12.982.856	16.852.602
PUERTO TALCAHUANO	2.842.541	5.895.659	9.175.211	12.698.262	16.483.182
PUERTO SAN VICENTE	2.842.645	5.895.874	9.175.546	12.698.725	16.483.783
PUERTO CORONEL	2.643.935	5.483.733	8.534.144	11.811.042	15.331.511
BAHIA CONCEPCION	2.842.541	5.895.659	9.175.211	12.698.262	16.483.182
BAHIA DE SAN VICENTE	2.842.645	5.895.874	9.175.546	12.698.725	16.483.783
CAMINO A CORONEL	2.643.935	5.483.733	8.534.144	11.811.042	15.331.511
ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015
PUERTO LIRQUEN	20.798.069	25.025.924	29.556.783	34.412.783	39.617.697
PUERTO TALCAHUANO	20.342.160	24.477.338	28.908.878	33.658.431	38.749.249
PUERTO SAN VICENTE	20.342.902	24.478.231	28.909.932	33.659.658	38.750.662
PUERTO CORONEL	18.920.865	22.767.121	26.889.031	31.306.735	36.041.861
BAHIA CONCEPCION	20.342.160	24.477.338	28.908.878	33.658.431	38.749.249
BAHIA DE SAN VICENTE	20.342.902	24.478.231	28.909.932	33.659.658	38.750.662
CAMINO A CORONEL	18.920.865	22.767.121	26.889.031	31.306.735	36.041.861
ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN	2.016	2.017	2.018	2.019	2.020
PUERTO LIRQUEN	45.006.525	50.772.948	56.943.946	63.548.448	70.617.474
PUERTO TALCAHUANO	44.019.951	49.659.970	55.695.695	62.155.422	69.069.489
PUERTO SAN VICENTE	44.021.556	49.661.780	55.697.726	62.157.688	69.072.008
PUERTO CORONEL	40.944.302	46.190.256	51.804.268	57.812.658	64.243.643
BAHIA CONCEPCION	44.019.951	49.659.970	55.695.695	62.155.422	69.069.489
BAHIA DE SAN VICENTE	44.021.556	49.661.780	55.697.726	62.157.688	69.072.008
CAMINO A CORONEL	40.944.302	46.190.256	51.804.268	57.812.658	64.243.643
ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN	2.021	2.022	2.023	2.024	2.025
PUERTO LIRQUEN	77.941.388	85.765.684	94.125.131	103.056.935	112.600.910
PUERTO TALCAHUANO	76.232.858	83.885.640	92.061.842	100.797.855	110.132.620
PUERTO SAN VICENTE	76.235.638	83.888.699	92.065.199	100.801.530	110.136.635
PUERTO CORONEL	70.906.511	78.024.598	85.629.533	93.755.165	102.437.715
BAHIA CONCEPCION	76.232.858	83.885.640	92.061.842	100.797.855	110.132.620
BAHIA DE SAN VICENTE	76.235.638	83.888.699	92.065.199	100.801.530	110.136.635
CAMINO A CORONEL	70.906.511	78.024.598	85.629.533	93.755.165	102.437.715
ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN	2.026	2.027	2.028	2.029	2.030
PUERTO LIRQUEN	122.448.949	132.951.826	144.153.730	156.101.858	168.846.613
PUERTO TALCAHUANO	119.764.783	130.037.429	140.993.780	152.679.996	165.145.377
PUERTO SAN VICENTE	119.769.150	130.042.170	140.998.921	152.685.563	165.151.398
PUERTO CORONEL	111.396.885	120.951.787	131.142.624	142.012.331	153.606.763
BAHIA CONCEPCION	119.764.783	130.037.429	140.993.780	152.679.996	165.145.377
BAHIA DE SAN VICENTE	119.769.150	130.042.170	140.998.921	152.685.563	165.151.398
CAMINO A CORONEL	111.396.885	120.951.787	131.142.624	142.012.331	153.606.763

Fuente: elaboración propia

En cuanto a las operaciones de carga y descarga, tanto para el sistema de camiones como para el ferroviario, son básicamente similares en las distintas alternativas de localización, lo que implica no ser consideradas. El siguiente cuadro indica los costes de las instalaciones de desvíos de líneas férreas hacia los patios de carga de las posibles construcciones portuarias. En los casos de las alternativas de ampliación, para este caso en estudio en particular, todas las alternativas cuentan con instalaciones ferroviarias.

#### **5.4.7.2.- Coste transporte marítimo**

Este coste se produce por el traslado de la nave al puerto. Para el caso en estudio, el coste producto del traslado de la nave a la localidad en evaluación, para cada una de las alternativas de localización. Para la obtención de un coste unitario por unidad de peso de mercancía, dicho coste, se prorratea en la cantidad de mercancía a embarcar. El coste unitario se incrementa a medida que la cantidad total del embarque disminuya, por lo tanto, resulta ser más atractivo aquella alternativa de localización que aglomere mercancías de tal modo que la distribución del coste de trasladar la nave a dicho lugar resulte ser menor.

Bajo el supuesto de que la aglomeración de carga incremental sucede en todas las alternativas y que el coste de traslado de la nave es similar de un lugar a otro, puesto que en el caso de la aplicación, las distancias entre alternativas son relativamente cercanas, no más allá de cuarenta kilómetros, no la consideraremos en los costes externos.

Una vez, obtenido estos costes, se procede a la aplicación de la metodología, alimentando el modelo AHP. Para generar los pesos de cada criterio, es necesario realizar los cálculos de los factores anteriormente descritos, sobretudo los vinculados con el criterio económico, tanto directo como externo. Pero, también es necesario traducir las opiniones de grupos representativos de la comunidad vinculada y afectada por posibles actividades a consecuencia del emplazamiento de una terminal portuaria en determinado lugar. Una vez generados los pesos de cada criterio, es posible aplicar técnicas de sensibilidad y analizar los resultados arrojados. En el próximo capítulo, se describe el uso de la técnica AHP, para este trabajo en particular y analizan los resultados.



## **6: USO DE LA TÉCNICA MULTICRITERIO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

### **6.1.- INTRODUCCIÓN**

La metodología basada en el análisis multicriterio es una de las más recomendadas por el “mundo” académico para resolver el tipo de problemas de decisiones que analiza esta aplicación, puesto que se trata de decisiones cuyas acciones repercuten no sólo en un grupo reducido de personas, sino que el impacto directo y sobre todo indirecto alcanza connotaciones más allá de lo nacional.

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos de la aplicación para el caso de la VIII región de Chile, de la metodología propuesta. Esta metodología consiste en la determinación de la localización de una terminal y se basa en la evaluación del valor presente de los costes incrementales estimados dentro de un horizonte de veinticinco años, encuestas efectuadas a personas representativas de una comunidad y técnica multicriterio, específicamente el método AHP: Para alimentar al modelo con los datos pertinentes, se capturó información, tanto de estudios existentes como datos en terreno. El proceso de esta información en conjunto con los datos de campo capturados se procesaron en hojas de cálculo y el programa Expertchoice EC11, obtenido desde la red Web.

La técnica AHP requiere conocer la ponderación de cada criterio de decisión que los decisores consideran en el proceso de toma de decisiones. Para el caso específico en estudio, la cual consiste en evaluar distintas alternativas de lugares técnicamente factibles de emplazar una terminal portuaria, en la VIII región de Chile, los criterios a tomar en cuenta son el económico, que consiste en comparar el valor presente del coste directo y el valor presente del coste externo de cada alternativa de localización, el medio ambiental que trata de los impactos en el ambiente producto de construir y operar una terminal portuaria en determinado lugar y el social, que condensa los impactos sociales de los habitantes que residen en el sector contiguo al lugar en que se emplazará la terminal portuaria. Estos criterios han sido mencionados en reiteradas ocasiones en la literatura relacionada con este tipo de problemas. Además, son criterios que obedecen a opiniones tanto de académicos e investigadores, como de personas

involucradas directamente en la práctica con este tipo de decisiones. Además, este trabajo de propuesta de una metodología para evaluar distintas alternativas de lugares para emplazar una terminal portuaria, propone seleccionar las alternativas de solución considerando estos criterios, en que justamente estos conforman una diferencia entre otras metodologías utilizadas.

La metodología propuesta sigue la táctica de evaluar las alternativas de localización para varios escenarios en los cuales los pesos de los criterios son ponderados en forma distinta, dependiendo de la importancia que le asignen los decidores. Esto coincide con el propósito de apoyar a la toma de decisión que persigue la metodología, más que obtener información para una única alternativa de decisión.

El criterio que ha sido considerado con mayor frecuencia en las evaluaciones similares a la estudiada, es el criterio económico. Esto debido al interés que suscita a los financistas de estos proyectos cuyo propósito es obtener una retribución económica al realizar este tipo de actividad, es decir, la decisión se ve influida por el monto monetario que debe destinarse a cada alternativa de localización. Para la obtención de estos montos monetarios se recurre a perfilar los flujos de caja correspondientes a cada alternativa producto del eventual emplazamiento de la terminal en cada lugar a evaluar. Esto se lleva a cabo mediante la información recopilada y posterior procesamiento de ella en algún sistema computacional, como ser hojas de cálculo. Esta información se resume en los cuadros del presente capítulo.

El criterio económico se compone de dos subcriterios, siendo el principal, el que interesa en mayor cuantía en forma directa a los propietarios de la terminal portuaria. El valor de este criterio se determina examinando los flujos de dinero generado por la inversión y otros flujos incrementales durante un horizonte de evaluación, el cual en este caso corresponde a veinticinco años. Un segundo subcriterio económico es aquel que atañe a terceros, es decir, a las empresas de servicios del puerto, pero que influyen en el coste total de la red de transporte en que se inserta la terminal portuaria. Tal como se indicó, el enfoque de evaluación de esta metodología es sistémico y logístico, por lo tanto, también es importante para la toma de decisión, determinar una localización para la construcción o ampliación de una terminal portuaria que considere aquellos costes en que

incurren otros actores que permiten que el transporte de mercancías se lleve a efecto. Dicho de otra forma, también interesa conocer los costes de aquellas actividades que conforman los eslabones de la cadena logística de transporte a la cual pertenece la eventual terminal en estudio.

El criterio económico se contrasta con el ambiental y el social, que cada vez más, cobran mayor importancia en el proceso de toma de decisiones, para cualquier obra de transporte, *con mayor razón si esta se realiza en el litoral costero*, debido a los impactos sociales y ambientales de ellas. El criterio ambiental, que es valorado a nivel de impactos, considera las opiniones de los expertos en estos temas en conjunto con las opiniones de los tomadores de decisión. El otro criterio, el social, que considera algunos aspectos de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad en que eventualmente se puede ampliar el puerto, o de aquellas personas que habitan en el lugar en que se plantea construir una terminal portuaria, en conjunto con las opiniones de los tomadores de decisión y de grupos representantes del lugar geográficamente involucrado.

La captura de información de estas opiniones es una tarea que se realiza a través de encuestas, pero sus datos deben converger a un valor que represente todas las opiniones tal como si fuera una especie de "promedio" de ellas. Este promedio puede ser subjetivo, luego esta metodología recomienda que se efectúe un análisis del comportamiento de los resultados basado en la técnica multicriterio de AHP para diferentes ponderaciones en los pesos de los criterios. Este procedimiento pasa a constituir los diferentes escenarios que representa políticas de decisión con mayor énfasis en uno u otro criterio. Los resultados son analizados para estos diferentes escenarios con el fin de generar información de apoyo a los tomadores de decisiones en este tema. (ver anexo 4)

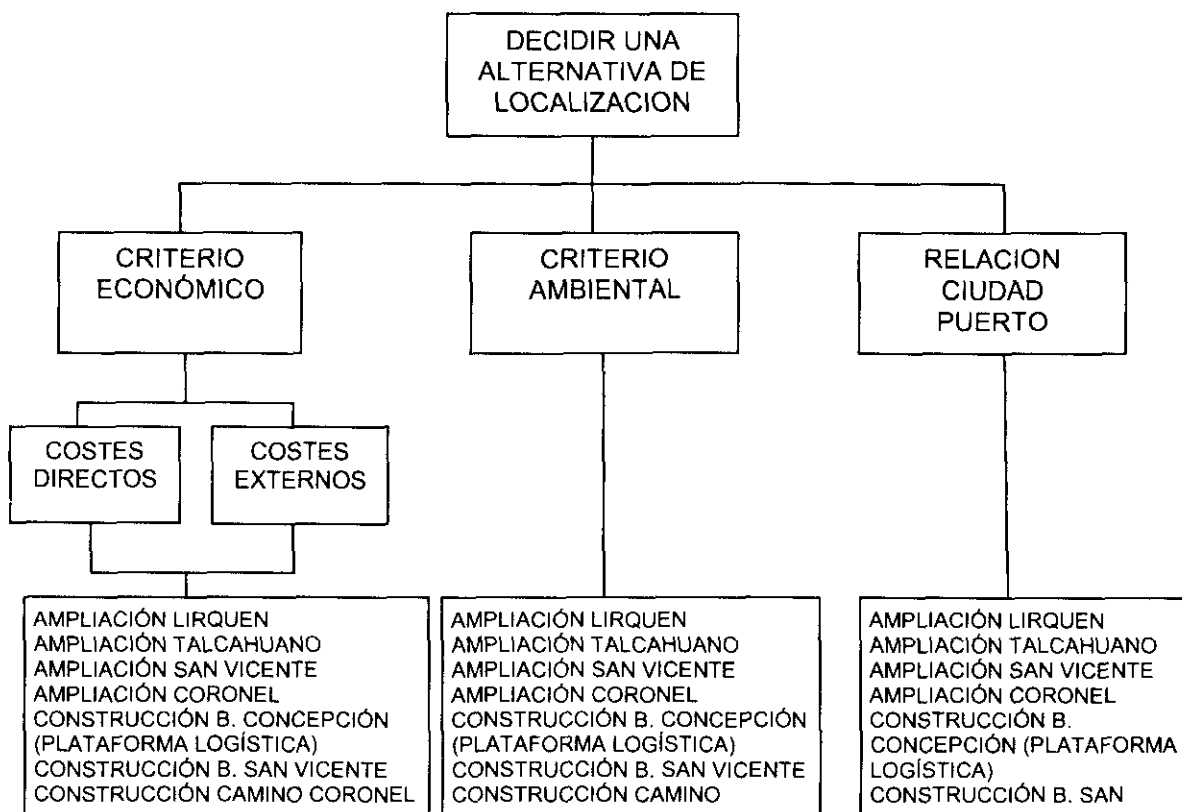
En esta aplicación, se realizan análisis del comportamiento de las prioridades de las alternativas de solución, considerando cuatro escenarios, uno prioriza el criterio económico, el otro prioriza el criterio ambiental, el tercer escenario considera más importante el aspecto social y el último escenario es una mezcla de ellos, en que cada criterio pesa lo mismo.

## 6.2.- ESQUEMA MODELO MULTICRITERIO

Con la finalidad de visualizar los niveles jerárquicos de los criterios, subcriterios y los dependientes de estos, si los hubiere, además de las relaciones de los criterios con las alternativas a evaluar, es útil realizar una gráfica del esquema jerárquico del problema a resolver mediante un proceso de toma de decisión multicriterio.

El siguiente esquema refleja las jerarquías de los criterios particulares en este proceso de toma de decisiones, en que el criterio económico se establece a partir de dos subcriterios, siendo estos el subcriterio de costes directos y el subcriterio de costes externos explicados anteriormente. En un mismo nivel jerarquico que el criterio económico están el criterio ambiental y el criterio social que en este caso corresponde a la problemática social denominado relación ciudad-puerto. Las alternativas de localización para la construcción o ampliación de una terminal portuaria en determinado lugar son siete.

**ILUSTRACIÓN 6-1**  
**DIAGRAMA DE JERARQUÍAS**



Fuente: elaboración propia



### 6.3.- DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE (V.P.)

Con el fin de establecer un indicador que oriente a los tomadores de decisión respecto a la selección de una alternativa de localización que satisfaga los intereses económicos, se determina el Valor Presente de los costes actualizados y presentes en que se debe incurrir para hacer efectiva cada alternativa considerada. Para ello se utiliza la información de costes indicadas en los cuadros del capítulo anterior. Debido a la versatilidad de las hojas de cálculo, se han utilizado éstas para realizar los cálculos requeridos para determinar los indicadores económicos.

El valor presente (V.P.) se determina realizando los procesos de cálculos que se expresa en la siguiente ecuación:

$$V.P.= Inversión + \sum_{i=1}^n \left( \frac{\text{Flujo de Costes año}}{(1+i)^t} \right)_t$$

donde:

Flujo de Coste año = dinero gastado para la construcción o ampliación de la terminal más costes de mantención

t = unidad de tiempo, anual en este caso

i = tasa de interés del capital

Una vez realizados los cálculos del valor presente de aquellas actuaciones necesarias para realizar el emplazamiento de una terminal en cada una de las alternativas de lugar consideradas (ver anexo 2), se procede a incorporar los montos de los valores presentes a un vector de prioridades de acuerdo a las técnicas del AHP. (ver anexo 4)

En el siguiente cuadro se sintetizan los resultados del subcriterio económico de costes directos.

**CUADRO 6-1**  
**VALOR PRESENTE DE COSTES DIRECTOS INCREMENTALES**

LOCALIZACIÓN	INVERSIÓN (US\$)	NO OPERACIÓN (US\$)	CONCESIÓN (US\$)	DRAGADO (US\$)	TOTAL V.P. (US\$)	R
Puerto de Lirquén	35.286.267	1.852.538	0	387.965	37.526.770	2
Puerto de Talcahuano	77.374.187	1.852.538	0	6.285.029	85.511.754	5
Puerto de San Vicente	38.596.667	1.235.026	0	0	39.831.692	3
Puerto de Coronel	22.966.667	2.470.051	0	0	25.436.718	1
Bahía de Concepción	129.503.655	1.852.538	1.225.891	6.285.029	138.867.113	7
Bahía de San Vicente	98.795.125	1.235.026	1.225.891	2.482.974	103.739.016	6
Camino a Coronel	68.473.543	0	1.103.302	64.661	69.641.505	4

Fuente: elaboración propia con datos en cuadros anteriores y deflactación de flujo de dineros de inversión para cada alternativa. R = Ranking

La utilización de un sólo criterio en el proceso de toma de decisión relacionado con el problema en estudio, implica, desde el punto de vista privado o comercial, es decir, bajo el punto de vista de los intereses de los inversionistas del puerto, realizar aquella alternativa económicamente más conveniente. Esta corresponde a la alternativa de ampliar en el Puerto de Coronel, que resulte ser la más favorable, descartándose por su alto coste, la construcción de una nueva terminal en la Bahía de Concepción o ampliar el Puerto de Talcahuano, esencialmente por su elevado coste en dragado y prolongación de su actual línea de atraque (ver anexo 2).

El hecho de considerar el subcriterio económico de costes externos, el cual se fundamenta en la visión sistémica y logística de enfocar el problema de encontrar aquel lugar más conveniente para emplazar una terminal, obliga a enfocar el problema en cuestión, como un eslabón dentro de la cadena de transporte, integrando la terminal a la red de transporte terrestre y portuario. Por lo tanto, el criterio económico de costes externo refleja el coste en que incurren las empresas de transporte terrestre rodoviario por trasladar las mercancías a trasbordar en el puerto a localizar. Este criterio no es otra cosa que el valor presente del coste de transporte desde el hinterland al lugar a evaluar.

Las cifras arrojadas en los cálculos de los valores presentes del transporte rodoviario, nos lleva a deducir que el Puerto de Coronel (ver anexo 3) posee una ventaja sobre las demás terminales de la zona, la cual consiste en su ubicación geográfica más al sur respecto de las otras, lo que implica menores

distancia entre los puntos generadores de carga y el puerto, con un ahorro considerable en los costes por viaje respecto al gasto incurrido por los transportistas para el traslado de mercancías a las otras terminales de la región.

**CUADRO 6-2**  
**VALOR PRESENTE DE COSTES EXTERNOS INCREMENTALES**

LOCALIZACIÓN	V.P. TOTAL (US\$)	V.P. DIFERENCIAL (US\$)*	R
Puerto de Lirquén	609.956.271	55.053.768	4
Puerto de Talcahuano	596.585.604	41.683.101	2
Puerto de San Vicente	596.607.355	41.704.852	3
Puerto de Coronel	554.902.503	0	1
Bahía de Concepción	596.585.604	41.683.101	2
Bahía de San Vicente	596.607.355	41.704.852	3
Camino a Coronel	554.902.503	0	1

Fuente: elaboración propia con datos en cuadros anteriores y deflactación de flujo de dineros de inversión para cada alternativa. R : Ranking; (\*) : La diferencial del VP se efectúa respecto de los valores mínimos

Por lo tanto, las localidades de Puerto de Coronel y Camino a Coronel, resultan ser notoriamente más económicas en cuanto al coste en transporte terrestre por carretera con relación a los demás puertos, existiendo una dominancia, es decir, alternativas que superan en los dos subcriterios ( Costes Directos y Costes Externos) a las otras alternativas de localización. Sin embargo, las decisiones respecto a la localización más conveniente para la construcción de una nueva terminal o una ampliación de la capacidad portuaria, amerita la consideración de otros criterios, tales como el impacto ambiental y la relación ciudad-puerto que dice relación respecto a la calidad de vida de los habitantes y la productividad del puerto. Estos criterios son considerados dentro del modelo multicriterio relativizados de acuerdo a sus ponderaciones.

Debido a lo difícil de monetarizar los aspectos ambientales y sociales, pero de relativa importancia en las decisiones de localización de una terminal portuaria, es adecuado determinar algún tipo de indicador que refleje el grado de importancia que se le atribuye a cada criterio respecto de cada alternativa de localización. Para ello se realizó una encuesta a los expertos en el área ambiental de manera que se pueda determinar una calificación respecto al grado de interés que se le debe atribuir a cada alternativa. (ver anexo 4)

De forma similar, aunque con algunas diferencias, se procedió para determinar el grado de interés que personas vinculadas y afectadas por la decisión de localizar la terminal portuaria, tuvieran de cada alternativa.

Representantes de grupos de personas que podrían verse afectadas por la construcción y posterior operación de una terminal portuaria en el lugar de residencia de ellos, fueron encuestados. Lo mismo se hizo con funcionarios de instituciones involucradas con la actividad portuaria y con las decisiones de desarrollo regional. (ver anexo 4). Sin embargo, como ya se ha mencionado en la introducción de este capítulo, las diferentes opiniones pueden diferir en un grado magno, implicando que el grado de interés resultante de un proceso de cálculo sencillo de promediar las opiniones, pudiera resultar poco representativo. Es por ello, entre otras razones, que la metodología propuesta basada en la técnica AHP realiza evaluaciones para distintos escenarios, es decir, evalúa las diferentes alternativas considerando mayor o menor ponderación en los distintos criterios. Además, se realiza análisis de sensibilidad respecto al comportamiento de la solución frente a cambios en los parámetros, como por ejemplo, el grado de importancia de los aspectos sociales y ambientales, que las personas involucradas le atribuyan, a las distintas alternativas de localización. En el siguiente cuadro se indican los conceptos más cercanos al promedio de las opiniones impelidas por los entrevistados. (ver anexo 4)

**CUADRO 6-3**  
**PONDERACIONES DE CRITERIOS**

LOCALIZACIÓN	CRITERIO AMBIENTAL	CRITERIO RELACION CIUDAD-PUERTO
Puerto de Lirquén	MEDIO	MUY ALTO
Puerto de Talcahuano	ALTO	ALTO
Puerto de San Vicente	ALTO	MUY ALTO
Puerto de Coronel	ALTO	MEDIO
Bahía de Concepción	MUY ALTO	MUY BAJO
Bahía de San Vicente	ALTO	BAJO
Camino a Coronel	BAJO	MUY BAJO

Fuente: elaboración a partir de encuestas a distintos personeros de gobierno, empresas privadas y representantes de la comunidad.

#### 6.4.- RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Basado en la información de los cuadros 5-35, 5-36 y 5-37 del capítulo anterior y en las técnicas multicriterio, especialmente el AHP, se han efectuado los cálculos para encontrar las ponderaciones de las alternativas de localización según los distintos criterios.

La subdivisión del criterio económico, mencionado anteriormente, se fundamenta en el enfoque logístico y sistémico de la metodología, pues considera los eslabones de la cadena logística en el transporte. Dicho en otras palabras, aquella alternativa de localización que posea un menor valor presente de los costes directos y externos, es decir, del negocio portuario y del negocio del transporte terrestre de mercancías hacia el puerto, será la más adecuada de acuerdo a este criterio.

Para la obtención de los resultados se determinaron los coeficientes de las matrices de comparación entre parejas de alternativas para cada criterio y se comprobaron sus consistencias. De acuerdo a las técnicas expuestas por Saaty, se permite una inconsistencia de hasta el 0,1 por ciento. Detalles de estos cálculos pueden verse en el anexo 4.

Los siguientes cuadros indican los resultados de las ponderaciones de cada alternativa para cada criterio.

**CUADRO 6-4**  
**MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE ALTERNATIVAS**  
**PARA CRITERIO ECONÓMICO COSTES DIRECTOS**

	PUERTO LIRQUEN	PUERTO THNO.	PUERTO SAN VCTE	PUERTO CORONEL	BAHÍA CONCEP.	BAHÍA SAN VCTI	CAMINO CORONEL	VECTOR DE PRIORIDAD
Puerto de Lirquén	0,1989	0,1989	0,1989	0,1989	0,1989	0,1989	0,1989	0,1989
Puerto de Talcahuano	0,0873	0,0873	0,0873	0,0873	0,0873	0,0873	0,0873	0,0873
Puerto de San Vicente	0,1874	0,1874	0,1874	0,1874	0,1874	0,1874	0,1874	0,1874
Puerto de Coronel	0,2935	0,2935	0,2935	0,2935	0,2935	0,2935	0,2935	0,2935
Bahía de Concepción	0,0538	0,0538	0,0538	0,0538	0,0538	0,0538	0,0538	0,0538
Bahía de San Vicente	0,0720	0,0720	0,0720	0,0720	0,0720	0,0720	0,0720	0,0720
Camino a Coronel	0,1072	0,1072	0,1072	0,1072	0,1072	0,1072	0,1072	0,1072

Fuente: elaboración a partir de los resultados de Valor Presente y determinación de matriz normalizada perfectamente consistente.

**CUADRO 6-5**  
**MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE ALTERNATIVAS**  
**PARA CRITERIO ECONÓMICO COSTES EXTERNOS**

	PUERTO LIRQUEN	PUERTO THNO.	PUERTO SAN VCTE	PUERTO CORONEL	BAHÍA CONCEP.	BAHÍA SAN VCTI	CAMINO CORONEL	VECTOR DE PRIORIDAD
Puerto de Lirquén	0,0578	0,0578	0,0578	0,0578	0,0578	0,0578	0,0578	0,0578
Puerto de Talcahuano	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764
Puerto de San Vicente	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763
Puerto de Coronel	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184
Bahía de Concepción	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764	0,0764
Bahía de San Vicente	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763	0,0763
Camino a Coronel	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184	0,3184

Fuente: elaboración a partir de los resultados de Valor Presente y determinación de matriz normalizada perfectamente consistente.

**CUADRO 6-6**  
**MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE ALTERNATIVAS**  
**PARA CRITERIO AMBIENTAL**

	PUERTO LIRQUEN	PUERTO THNO.	PUERTO SAN VCTE	PUERTO CORONEL	BAHÍA CONCEP.	BAHÍA SAN VCTI	CAMINO CORONEL	VECTOR DE PRIORIDAD
Puerto de Lirquén	0,1645	0,1645	0,1645	0,1645	0,1645	0,1645	0,1645	0,1645
Puerto de Talcahuano	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175
Puerto de San Vicente	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175
Puerto de Coronel	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175
Bahía de Concepción	0,0914	0,0914	0,0914	0,0914	0,0914	0,0914	0,0914	0,0914
Bahía de San Vicente	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175
Camino a Coronel	0,2742	0,2742	0,2742	0,2742	0,2742	0,2742	0,2742	0,2742

Fuente: elaboración a partir de encuestas a distintos personeros de gobierno, empresas privadas y representantes de la comunidad

**CUADRO 6-7**  
**MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE ALTERNATIVAS**  
**PARA CRITERIO RELACIÓN CIUDAD-PUERTO**

	PUERTO LIRQUEN	PUERTO THNO.	PUERTO SAN VCTE	PUERTO CORONEL	BAHÍA CONCEP.	BAHÍA SAN VCTI	CAMINO CORONEL	VECTOR DE PRIORIDAD
Puerto de Lirquén	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383
Puerto de Talcahuano	0,0493	0,0493	0,0493	0,0493	0,0493	0,0493	0,0493	0,0493
Puerto de San Vicente	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383	0,0383
Puerto de Coronel	0,0690	0,0690	0,0690	0,0690	0,0690	0,0690	0,0690	0,0690
Bahía de Concepción	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450
Bahía de San Vicente	0,1150	0,1150	0,1150	0,1150	0,1150	0,1150	0,1150	0,1150
Camino a Coronel	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450	0,3450

Fuente: elaboración a partir de encuestas a distintos personeros de gobierno, empresas privadas y representantes de la comunidad



En lo concerniente a la determinación de los pesos de los distintos criterios, la propuesta de esta metodología agrega la posibilidad de entregar a los tomadores de decisiones información respecto al comportamiento en los vectores de prioridad, de acuerdo a la técnica multicriterio, para distintos pesos en cada uno de los criterios. Se consideró como un escenario base, a partir de la opiniones de expertos en las técnicas multicriterio, basado en las experiencias en situaciones similares, en ponderar con ochenta por ciento de importancia al criterio económico, un diez por ciento el criterio Ambiental y en otro diez por ciento el criterio de Relación Ciudad-Puerto.

**CUADRO 6-8**  
**MATRIZ NORMALIZADA Y PONDERACIONES DE LOS CRITERIOS**

	ECONOMICO DIRECTO	ECONOMICO EXTERNO	AMBIENTE	REACION CIUDAD-PTO	VECTOR PRIORIDAD
ECONOMICO DIRECTO	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	<b>0,6000</b>
ECONOMICO EXTERNO	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	<b>0,2000</b>
AMBIENTE	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	<b>0,1000</b>
RELACION CIUDAD-PTO.	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	<b>0,1000</b>

Fuente: elaboración propia fundamentada en la propuesta metodológica para determinar información de apoyo a los tomadores de decisiones respecto a la localización de una Terminal Portuaria.

Una vez obtenidos los vectores de prioridad se obtienen las ponderaciones o los pesos para cada alternativa valorada en cada uno de los criterios. Esto se consigue al multiplicar la matriz de vector de prioridades de las alternativas por las de los criterios. A continuación se muestra la matriz de vector de prioridades para cada alternativa respecto a cada criterio. (ver anexo 4)

**CUADRO 6-9**  
**MATRIZ DE VECTORES DE PRIORIDAD DE ALTERNATIVAS POR CRITERIOS**

	ECONOMICO DIRECTO	ECONOMICO EXTERNO	AMBIENTE	RELACION CIUDAD-PTO.
Puerto de Lirquén	0,19892123	0,05782869	0,16449086	0,03833516
Puerto de Talcahuano	0,08729643	0,07637837	0,11749347	0,04928806
Puerto de San Vicente	0,18741034	0,07633854	0,11749347	0,03833516
Puerto de Coronel	0,29346833	0,31836874	0,11749347	0,06900329
Bahía de Concepción	0,0537555	0,07637837	0,09138381	0,34501643
Bahía de San Vicente	0,07195818	0,07633854	0,11749347	0,11500548
Camino a Coronel	0,10718997	0,31836874	0,27415144	0,34501643

Fuente: elaboración propia basado en técnicas multicriterio de AHP (Saaty, 1990)

Antes de proceder a determinar la solución, conviene analizar las dominancias de las alternativas respecto a sus ponderaciones en cada criterio. En la siguiente matriz se indican las jerarquías de cada alternativa para los distintos criterios y en gris aquellas alternativas que son dominadas por la alternativa de mayor prioridad, Camino a Coronel pintada en azul.

**CUADRO 6-10**  
**MATRIZ DE JERARQUÍAS DE ALTERNATIVAS POR CRITERIOS**

	ECONOMICO DIRECTO	ECONOMICO EXTERNO	AMBIENTE	RELACION CIUDAD-PTO.
Puerto de Lirquén	2	7	2	6
Puerto de Talcahuano	5	5	4	5
Puerto de San Vicente	3	4	4	6
Puerto de Coronel	1	1	4	4
Bahía de Concepción	7	5	7	1
Bahía de San Vicente	6	4	4	3
Camino a Coronel	4	1	1	1

1: Mayor jerarquía, 2 siguiente, hasta 7 de menor jerarquía.

La alternativa de localidad Camino a Coronel domina o supera a las alternativas Puerto de Talcahuano, Bahía de Concepción y Bahía de San Vicente.

Continuando con los cálculos, se procede a multiplicar los vectores de prioridad de cada alternativa por los vectores de prioridad de los criterios. Este procedimiento de cálculo arroja los resultados finales presentados en el siguiente cuadro.

**CUADRO 6-11**  
**PESOS PONDERADOS DE ALTERNATIVAS POR CRITERIOS**

ALTERNATIVAS LOCALIZACION	PESO PONDERADO	RANKING
Puerto de Lirquén	0,15120108	3
Puerto de Talcahuano	0,08433169	6
Puerto de San Vicente	0,14329678	4
Puerto de Coronel	0,25840442	1
Bahía de Concepción	0,091169	5
Bahía de San Vicente	0,08169251	7
Camino a Coronel	0,18990452	2

Fuente: elaboración propia fundamentada en la propuesta metodológica para determinar información de apoyo a los tomadores de decisiones respecto a la localización de una Terminal Portuaria.



Finalizando la primera iteración de cálculos, se concluye que para los pesos entregados a los distintos criterios, es decir, un 60% al Criterio Económico de Valor Presente de los Costes Directos, un 20% al Criterio del Valor Presente de los Costes Externos, un 10% al Criterio Ambiente y un 10% al Criterio Relación Ciudad-Puerto, la alternativa de ampliar una terminal en el Puerto de Coronel resulta con una prioridad mayor equivalente al 26%. La sigue la alternativa de construir una nueva terminal en la localidad de Camino a Coronel, con una prioridad representada con el 19% y luego la ampliación del Puerto de Lirquén, con una prioridad de un 15% finalizando con la alternativa de ampliación en el puerto de San Vicente, con un 14% de prioridad. Las alternativas de ampliar en el Puerto de Talcahuano, Construir en la Bahía de Concepción y en Bahía de Lenga quedan excluidas, debido a que son alternativas dominadas.

En el próximo capítulo realizaremos algunos cambios en las ponderaciones y parámetros de cada alternativa para conocer la respuesta de esta metodología frente a estas variaciones.



### **6.5.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

En este apartado se indican las interpretaciones de los resultados obtenidos en los análisis de sensibilidad y se determinan los factores más sensibles y por lo tanto, más significativos en la decisión final.

El análisis de sensibilidad nos permite determinar los valores de las ponderaciones de los pesos de cada criterio, sea este el económico, el ambiental o el social, en que la solución cambia. Los valores de los pesos de los criterios y su influencia en la selección de alternativas deben ser bien conocidas por los responsables de la toma de decisiones a todos los efectos, pero en particular, a la de la posibilidad de comparar entre sus posibles diferentes opiniones respecto de las alternativas y de los propios pesos de los criterios que influyen en ellos.

Para poder determinar los umbrales de los vectores de prioridad se aplica la metodología propuesta que utiliza la técnica del AHP para comparar los distintos escenarios respecto a los diferentes pesos en los criterios que serán comparados.

Los escenarios se fundamentan en los supuestos de posibles importancias que asignen los decidores a los criterios involucrados, siendo estas el escenario 1, basado en la importancia medio ambiental, escenario 2, basada en la prioridad en el aspecto social, escenario 3, basado en una mayor ponderación del aspecto económico y un cuarto escenario basado en un “mix” de todos los anteriores.

En el capítulo anterior, se consideró el escenario 1 como base de cálculo, donde el aspecto económico cobra una importancia equivalente a un 80%. Para obtener las bases de datos que alimentan el modelo AHP, para los cálculos correspondientes a los otros escenarios, se utilizaron las mismas fuentes de información que el escenario 1. Las diferentes iteraciones que se efectuaron para determinar los resultados para cada escenario y para las variaciones en los parámetros se utilizaron hojas de cálculo y el programa Expertchoice.

Los diferentes escenarios hipotéticos se utilizaron con el fin de poder determinar los posibles cambios en las alternativas de soluciones frente a

variaciones en las prioridades que puedan determinar los tomadores de decisiones.

Las posibles opiniones de los tomadores de decisiones que conlleven a ponderar con mayor o menor pesos los criterios considerados, se han reflejados en un cuadro de posibles escenarios. Estos escenarios son preestablecidos con anterioridad con el fin de analizar el comportamiento en las prioridades finales de las alternativas. Esta información resulta útil para los decisores a la hora de seleccionar una u otra alternativa de solución sopesándolas con las diferentes combinaciones de prioridades de los criterios.

**CUADRO 6-12**  
**TABULACIÓN ESCENARIOS CON DIFERENTES PRIORIDADES DE**  
**CRITERIOS**

	<b>ESCENARIO 1</b>	<b>ESCENARIO 2</b>	<b>ESCENARIO 3</b>	<b>ESCENARIO 4</b>
	<b>Económico</b>	<b>Medio Ambiental</b>	<b>Social (R(C-P))</b>	<b>"mix"</b>
<b>Económico</b>	0.8	0.1	0.1	0.33
<b>Medio Ambiental</b>	0.1	0.8	0.1	0.33
<b>Social</b>	0.1	0.1	0.8	0.33

Fuente: elaboración propuesta por profesor C. Mataix, Profesor Departamento Organización de Empresas de la Escuela Técnico Superior de Ingeniería Industrial, UPM, Madrid.

R(C-P) : Relación Ciudad-Puerto

#### **6.5.1.- Análisis para el escenario 1: mayor peso económico**

El apartado correspondiente al epígrafe 6.4. finaliza con la indicación de los resultados basados en los pesos de los diferentes criterios correspondientes al escenario 1 o base. En el se asignó una mayor importancia al criterio económico, tal como se indica en el cuadro 6-12.

Antes del análisis del comportamiento de las alternativas de solución para los diferentes escenarios, se analizó la variación del coste del dique de abrigo para la alternativa de construcción de una terminal en la localidad de Camino a Coronel. Se efectuó un nuevo cálculo de las prioridades finales de las alternativas frente a un cambio en la dimensión del dique, alargándose su longitud de forma tal, que la variación en el coste directo haga cambiar la prioridad de la alternativa correspondiente a la localización de la terminal en el lugar Camino a Coronel.

El propósito de esta variación en la longitud del dique de abrigo es comprobar la existencia de un cambio en la prioridad final de la alternativa de localización Camino a Coronel, frente a un cambio en las dimensiones del dique de abrigo, o mejor dicho, ante un aumento en el monto del valor presente de los costes directos. Los cálculos de este análisis indican que un cambio en las dimensiones del dique de abrigo, desde los 1200 metros a los 2500 metros, arrojan un nuevo coste de 116.306.699 dólares norteamericanos, implicando con ello, una variación en las prioridades del criterio de Costes Directos, cambiando la alternativa Camino a Coronel del segundo al tercer lugar. Las nuevas prioridades finales de las alternativas se indican en el siguiente cuadro.

**CUADRO 6-13**  
**PRIORIDADES ESCENARIO 1 : MAYOR PESO ECONÓMICO**  
**CON DIQUE DE ABRIGO DE 2500 METROS**

ALTERNATIVAS LOCALIZACION	PESO PONDERADO	RANKING
Puerto de Lirquén	0,15847919	2
Puerto de Talcahuano	0,08752568	6
Puerto de San Vicente	0,15015373	4
Puerto de Coronel	0,26914182	1
Bahía de Concepción	0,0931358	5
Bahía de San Vicente	0,08432531	7
Camino a Coronel	0,15723845	3

Fuente: elaboración propia fundamentada en la propuesta metodológica para determinar información de apoyo a los tomadores de decisiones respecto a la localización de una Terminal Portuaria.

### 6.5.2.- Análisis para el escenario 2: mayor peso ambiental

El escenario 2 refleja una hipotética mayor importancia del criterio ambiental, por parte de los involucrados en el proceso de toma de decisiones de la localización de un emplazamiento portuaria, respecto de los otros criterios. Por tanto, el análisis correspondiente al comportamiento de las prioridades finales de las alternativas, al variar los pesos en los criterios, se determina a través de cálculos pertinentes, reflejándose los resultados en el siguiente cuadro.

Este análisis se realizará tanto para el dique con 1200 metros de longitud como para la alternativa de alargarlo a los 2500 metros.

En el siguiente cuadro, se indican los resultados obtenidos de acuerdo a los valores indicados en el escenario 2 y las dimensiones del dique de acuerdo al criterio base, es decir, 1200 metros de longitud.

**CUADRO 6-14**  
**PRIORIDADES ESCENARIO 2: MAYOR PESO AMBIENTAL**  
**CON DIQUE DE ABRIGO DE 1200 METROS**

ALTERNATIVAS LOCALIZACION	PESO PONDERADO	RANKING
Puerto de Lirquén	0,1482637	2
Puerto de Talcahuano	0,10710732	7
Puerto de San Vicente	0,11101574	6
Puerto de Coronel	0,13148696	3
Bahía de Concepción	0,11411539	4
Bahía de San Vicente	0,11291016	5
Camino a Coronel	0,27510073	1

Fuente: elaboración propia fundamentada en la propuesta metodológica para determinar información de apoyo a los tomadores de decisiones respecto a la localización de una Terminal Portuaria.

Se observa un cambio en las prioridades, en que la opción de construir una nueva terminal en Camino a Coronel queda en primer lugar. Esta opción resulta ser más atractiva que ampliar el Puerto de Lirquén o ampliar el Puerto de Coronel. La opción de construir una terminal en la costa de la Bahía de Concepción queda relegada al cuarto lugar, superficie en la cual se proyecta destinarlo para desarrollar una plataforma logística, descrita en el capítulo 4. A continuación se indican los resultados obtenidos de los cálculos efectuados considerando las dimensiones del dique prolongado a 2500 metros.

**CUADRO 6-15**  
**PRIORIDADES ESCENARIO 2: MAYOR PESO AMBIENTAL**  
**CON DIQUE DE ABRIGO DE 2500 METROS**

ALTERNATIVAS LOCALIZACION	PESO PONDERADO	RANKING
Puerto de Lirquén	0,14887021	2
Puerto de Talcahuano	0,10737349	7
Puerto de San Vicente	0,11158715	6
Puerto de Coronel	0,13238174	3
Bahía de Concepción	0,11427929	4
Bahía de San Vicente	0,11312956	5
Camino a Coronel	0,27237856	1

Fuente: elaboración propia fundamentada en la propuesta metodológica para determinar información de apoyo a los tomadores de decisiones respecto a la localización de una Terminal Portuaria.

La prioridad de las alternativas con un dique de 2500 metros sigue siendo favorable a la opción de construir una terminal en la localidad de Camino a Coronel. En otras palabras, cuando el criterio preponderante es el ambiental, la opción más recomendable es construir una terminal en Camino a Coronel.

### 6.5.3.- Análisis para el escenario 3: mayor peso social

Se analizarán el comportamiento de los resultados bajo el supuesto de que las decisiones sean tomadas valorando con mayor ponderación el criterio social, es decir, para nuestro caso, la relación entre los ciudadanos y las actividades del puerto.

**CUADRO 6-16**  
**PRIORIDADES ESCENARIO 3: MAYOR PESO SOCIAL**  
**CON DIQUE DE ABRIGO DE 1200 METROS**

ALTERNATIVAS LOCALIZACION	PESO PONDERADO	RANKING
Puerto de Lirquén	0,05995471	5
Puerto de Talcahuano	0,05936354	6
Puerto de San Vicente	0,05560492	7
Puerto de Coronel	0,09754383	4
Bahía de Concepción	0,29165822	2
Bahía de San Vicente	0,11116856	3
Camino a Coronel	0,32470622	1

Fuente: elaboración propia fundamentada en la propuesta metodológica para determinar información de apoyo a los tomadores de decisiones respecto a la localización de una Terminal Portuaria.

Se observa del cuadro anterior que la opción de construir una terminal en la localidad de Camino a Coronel sigue siendo prioritaria. Sin embargo la opción de ampliar en los puertos de la zona, son desplazadas a los últimos lugares. Parece lógico, debido a que la relación Ciudad-Puerto justamente se denota en las localidades donde existen actividades portuarias junto a una comunidad importante en número de habitantes.

Se observa también, que las opciones que siguen a la de construcción en Camino a Coronel, son precisamente aquellas alternativas en que las localidades se ven, por ahora, libres de habitantes, resolviendo de este modo el problema

social de la relación entre los habitantes de la ciudad portuaria y las actividades del puerto.

Al considerar la longitud del dique en 2500 metros, las prioridades para las alternativas bajo una preferencia del criterio social, se mantienen preferentes a la opción de construir en la localidad de Camino a Coronel, aunque el coste del dique de abrigo sea mayor. En otras palabras, la presión social y de la propia gestión del puerto, que muchas veces se ve impedida de actuar a favor de la productividad portuaria por la relación con la comunidad adyacente, provocan que las decisiones de construir en un lugar menos compleja en cuanto a la convivencia con los habitantes que coexisten con la actividad portuaria, sea preferible, aunque el coste económico de la inversión de la terminal sea mayor.

**CUADRO 6-17**  
**PRIORIDADES ESCENARIO 3: MAYOR PESO SOCIAL**  
**CON DIQUE DE ABRIGO DE 2500 METROS**

ALTERNATIVAS LOCALIZACION	PESO PONDERADO	RANKING
Puerto de Lirquén	0,06056122	5
Puerto de Talcahuano	0,0596297	6
Puerto de San Vicente	0,05617633	7
Puerto de Coronel	0,09843861	4
Bahía de Concepción	0,29182212	2
Bahía de San Vicente	0,11138796	3
Camino a Coronel	0,32198405	1

Fuente: elaboración propia fundamentada en la propuesta metodológica para determinar información de apoyo a los tomadores de decisiones respecto a la localización de una Terminal Portuaria.

#### **6.5.4.- Análisis para el escenario 4: pesos en equilibrio "mix"**

El análisis de este escenario resulta ser valioso en el sentido de poder conocer las prioridades resultantes de la aplicación de la técnica multicriterio de manera de encontrar un escenario compuesto por ponderaciones en los criterios que garanticen alguna alternativa en particular.

El primer análisis de este cuarto escenario determina las prioridades resultantes de las alternativas de solución bajo términos monocriterio, es decir, para cada criterio, sin considerar las restantes. En el siguiente cuadro se sintetiza



las prioridades relativas para cada alternativa de acuerdo a cada criterio en forma independiente.

**CUADRO 6-18**  
**PRIORIDADES DE ALTERNATIVAS MONOCRITERIO**

	ECONOMICO DIRECTO	R	ECONOMICO EXTERNO	R	AMBIENTE	R	RELACION CIUDAD- PTO.	R
Puerto de Lirquén	0,19881031	2	0,05790402	7	0,16442539	2	0,03843622	6
Puerto de Talcahuano	0,08729025	5	0,0763866	4	0,11744743	6	0,04933205	5
Puerto de San Vicente	0,18730142	3	0,07637623	5	0,11747684	4	0,03842302	7
Puerto de Coronel	0,29334440	1	0,31821194	2	0,11760183	3	0,06917565	4
Bahía de Concepción	0,05387150	7	0,07646451	3	0,09145014	7	0,34474796	2
Bahía de San Vicente	0,07198886	6	0,07636343	6	0,11746404	5	0,11497933	3
Camino a Coronel	0,10739325	4	0,31829325	1	0,27413432	1	0,34490577	1

Fuente: elaboración propia fundamentada en la propuesta metodológica para determinar información de apoyo a los tomadores de decisiones respecto a la localización de una Terminal Portuaria.

En el cuadro 6-18 se observa que al considerar un sólo criterio, las prioridades finales varían. Es así, que al evaluar las alternativas bajo la consideración del criterio económico que representa el valor presente de los costes directos, las alternativas de ampliación del Puerto de Coronel, ampliación del Puerto de Lirquén y ampliación del Puerto de San Vicente están dentro de las tres más altas prioridades. Cabe hacer notar, que la opción de construir una terminal en la localidad de Camino a Coronel, es preferible a la ampliación del Puerto de Talcahuano, esto debido a la necesidad de dragar una gran cantidad de material en la Bahía de Concepción para dejar en condiciones adecuadas para la navegación de barcos Handy y Subpanamax el actual canal de acceso, localizado en una bahía colmatada de sedimentos. Llama la atención la alternativa de construcción de una terminal en Camino a Coronel, por cuanto ella posee la primera prioridad en el enfoque monocriterio con respecto al criterio económico del valor presente de costes externos, criterio ambiental y el criterio de relación ciudad-puerto.

Al observar el comportamiento de las prioridades finales para un escenario equilibrado con un tercio de peso para cada criterio, considerando el económico distribuido en dos subcriterios, costes directos y costes externos, donde ambos comparten el tercio, se deduce que la alternativa de construcción en la localidad

de Camino a Coronel sigue jerarquizada en el primer lugar y la segunda la alternativa de construir en la Bahía de Concepción, lugar propuesto por entidades estatales para realizar actuaciones de manera que se genere un desarrollo en la actividad logística y portuaria.

La alternativa de construir una terminal en la Bahía de San Vicente, así como ampliar el Puerto de Talcahuano, no resultan atractivo de realizar. Sus prioridades son castigadas por el criterio económico y el ambiental. En el cuadro siguiente se observa las prioridades para cada alternativa de acuerdo a las ponderaciones de los pesos en términos equilibrado, tal como se indica en el escenario 4.

**CUADRO 6-19**  
**PRIORIDADES ESCENARIO 4 "MIX": PESOS IGUALES**  
**CON DIQUE DE ABRIGO DE 2500 METROS**

ALTERNATIVAS LOCALIZACION	PESO PONDERADO	RANKING
Puerto de Lirquén	0,11040033	4
Puerto de Talcahuano	0,08287298	7
Puerto de San Vicente	0,09590102	6
Puerto de Coronel	0,16413843	3
Bahía de Concepción	0,16715573	2
Bahía de San Vicente	0,10221577	5
Camino a Coronel	0,27731574	1

Fuente: elaboración propia fundamentada en la propuesta metodológica para determinar información de apoyo a los tomadores de decisiones respecto a la localización de una Terminal Portuaria.

En síntesis, los cuatro escenarios analizados, en que se asume que un criterio posee una prioridad mayor a los demás, en forma alternativa para cada escenario, conlleva que las prioridades de las alternativas de localización de una terminal portuaria sean prioritarias de realizar, según sea el escenario.

Sin embargo, analizando el cuadro siguiente, que resume las prioridades de las alternativas para cada escenario, se concluye que la alternativa de construir una nueva terminal en la localidad de Camino a Coronel obtiene la prioridad mayor en tres de los cuatro escenarios y prioridad la segunda prioridad en el escenario 1.

Debido a la poca presión social respecto a la relación ciudad-puerto, al bajo impacto ambiental y a estar localizada en una zona ventajosa respecto a su hinterland, lo que implica una disminución en los costes de transporte terrestre, en comparación con las demás alternativas, exceptuando el Puerto de Coronel, que posee igual ventaja, la alternativa de Camino a Coronel es la más aconsejable.

Por otro lado, se puede indicar, que las alternativas de ampliar el Puerto de Talcahuano o el Puerto de San Vicente o construir en la costa de la Bahía de San Vicente se descartan por estar siempre dominadas por las alternativas restantes.

En el siguiente cuadro se indican las prioridades de cada alternativa para cada escenario, siendo demarcadas con color gris aquellas que son dominadas por las demás.

**CUADRO 6-20**  
**RESUMEN DE PRIORIDADES PARA LOS ESCENARIOS**

	ESCENARIO 1 C. DIRECTO	R	ESCENARIO 2 C. EXTERNO	R	ESCENARIO 3 AMBIENTE	R	ESCENARIO 4 MIX	R
Puerto de Lirquén	0,15120108	3	0,15179101	2	0,06348202	5	0,11040033	4
Puerto de Talcahuano	0,08433169	6	0,10738028	7	0,05963649	6	0,08287298	7
Puerto de San Vicente	0,14329678	4	0,11379253	4	0,05838171	7	0,09590102	6
Puerto de Coronel	0,25840442	1	0,13086445	3	0,09692132	4	0,16413843	3
Bahía de Concepción	0,09116900	5	0,11354981	5	0,29109265	2	0,16715573	2
Bahía de San Vicente	0,08169251	7	0,11280065	6	0,11105906	3	0,10221577	5
Camino a Coronel	0,18990452	2	0,26982126	1	0,31942675	1	0,27731574	1

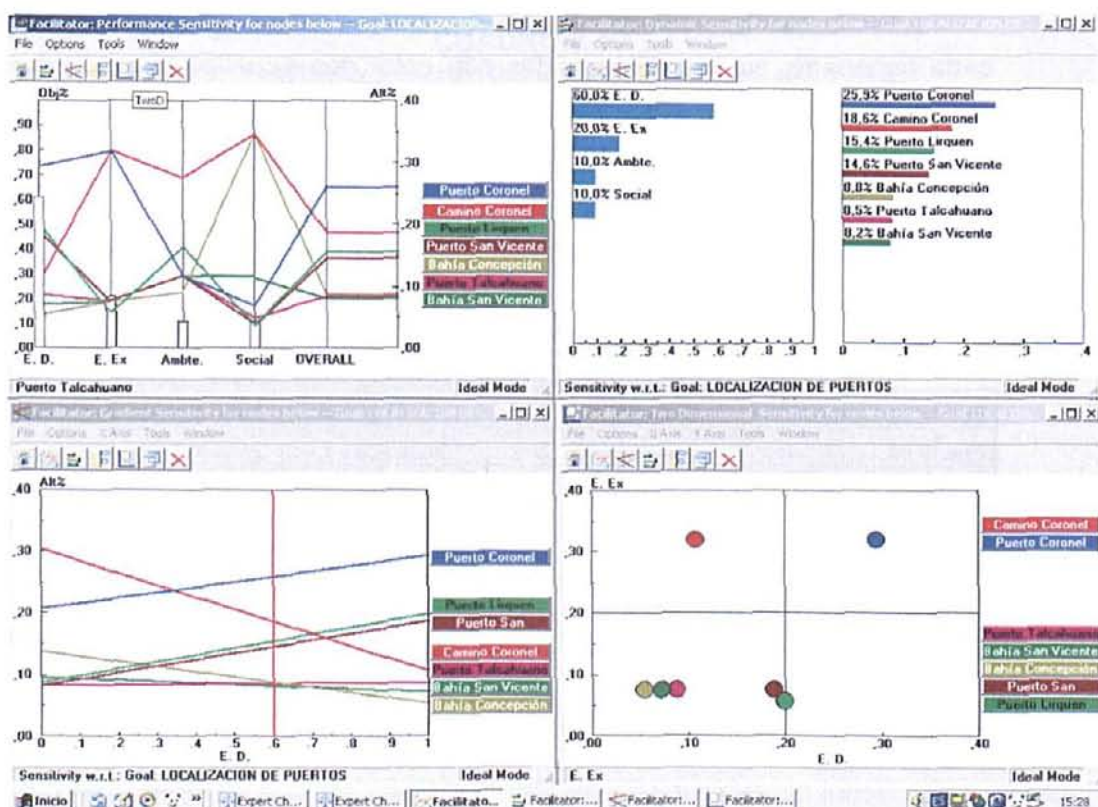
Fuente: elaboración propia fundamentada en la técnica multicriterio AHP.



### 6.6.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UTILIZANDO EXPERTCHOICE

De la ilustración 6-2 desplegada por la pantalla al activar el modo de sensibilización del programa Expertchoice, se observa que la alternativa de ampliación el Puerto de Coronel constituye una solución para el escenario base, es decir, 80% de peso para el criterio económico, 10% para el criterio ambiental y 10% para el criterio social. De la misma figura que emite el programa Expertchoice se observa las prioridades de soluciones, siendo el segundo preferido la alternativa de construir una terminal en el lugar Camino a Coronel.

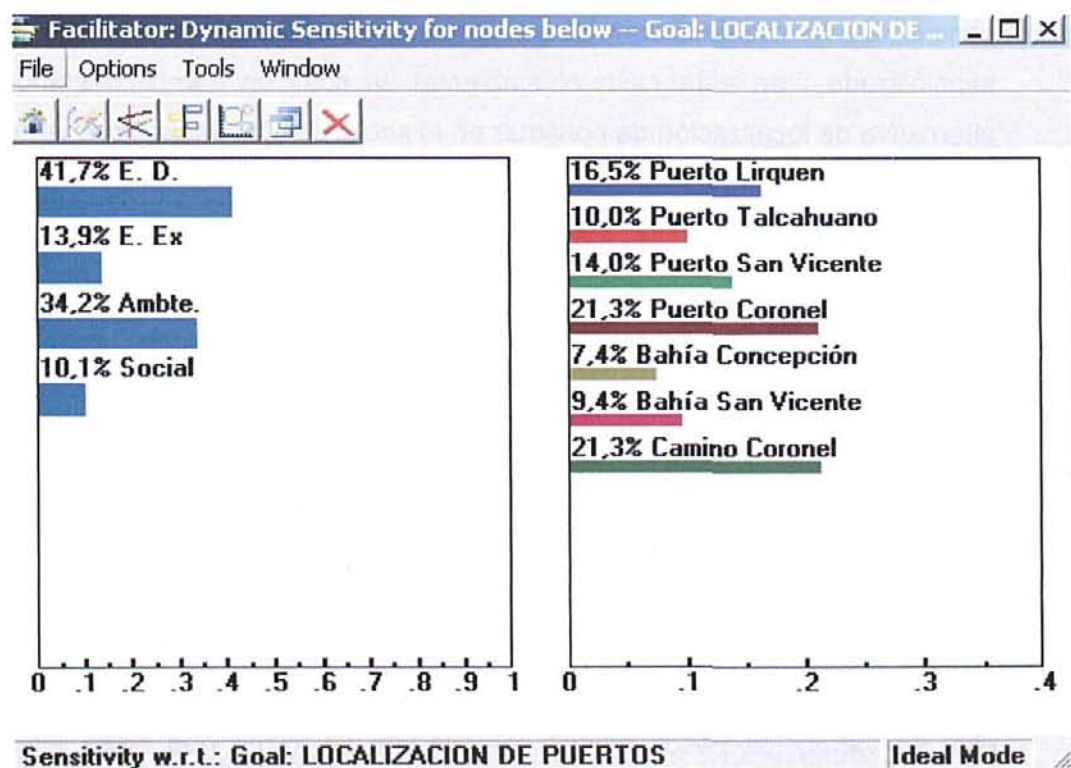
**ILUSTRACION 6-2**  
**ANALISIS DE SENSIBILIDAD ESCENARIO 1: BASICO**



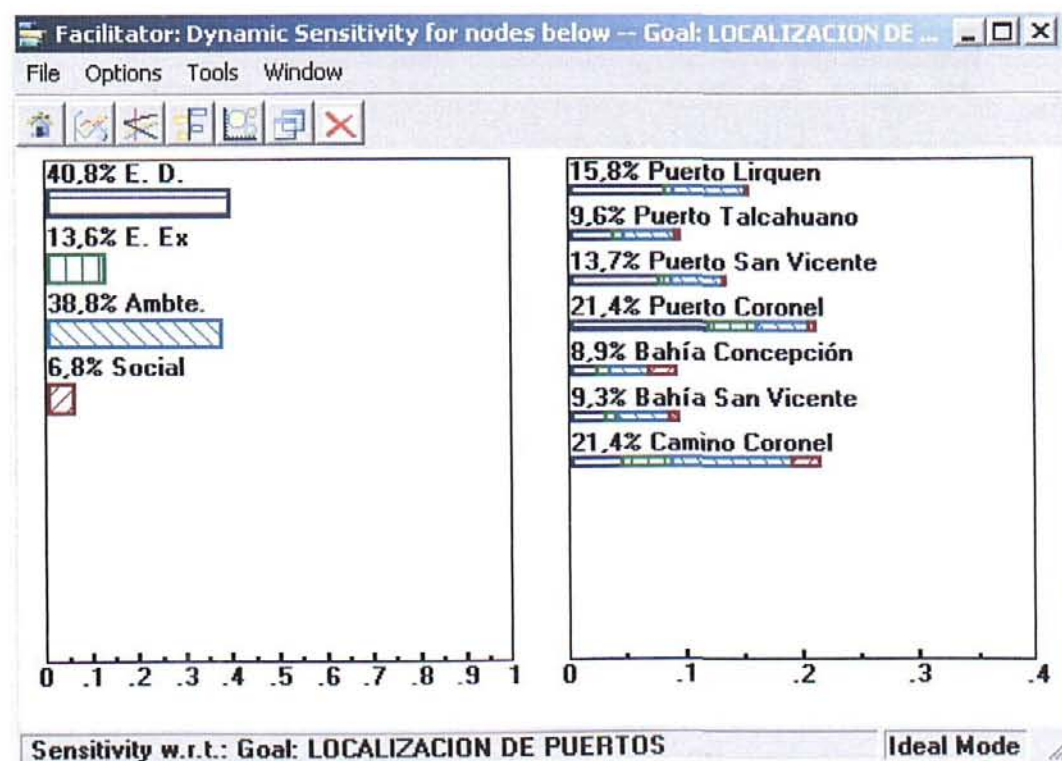
La alternativa de localización en la costa de la Bahía de Concepción, caso en estudio en la aplicación de la metodología, queda desplazado al quinto lugar en las prioridades de alternativas de solución.

Analizando el comportamiento de la solución frente a variaciones en las ponderaciones de los criterios, mediante la opción de sensibilidad dinámica del software, se observa en la siguiente ilustración capturada del mismo programa computacional, los resultados gráficos y numéricos de este análisis.

### ILUSTRACION 6-3 OBTENCIÓN DE UMBRALES DEL CRITERIO AMBIENTAL



### ILUSTRACION 6-4 COMPONENTES EN LAS ALTERNATIVAS



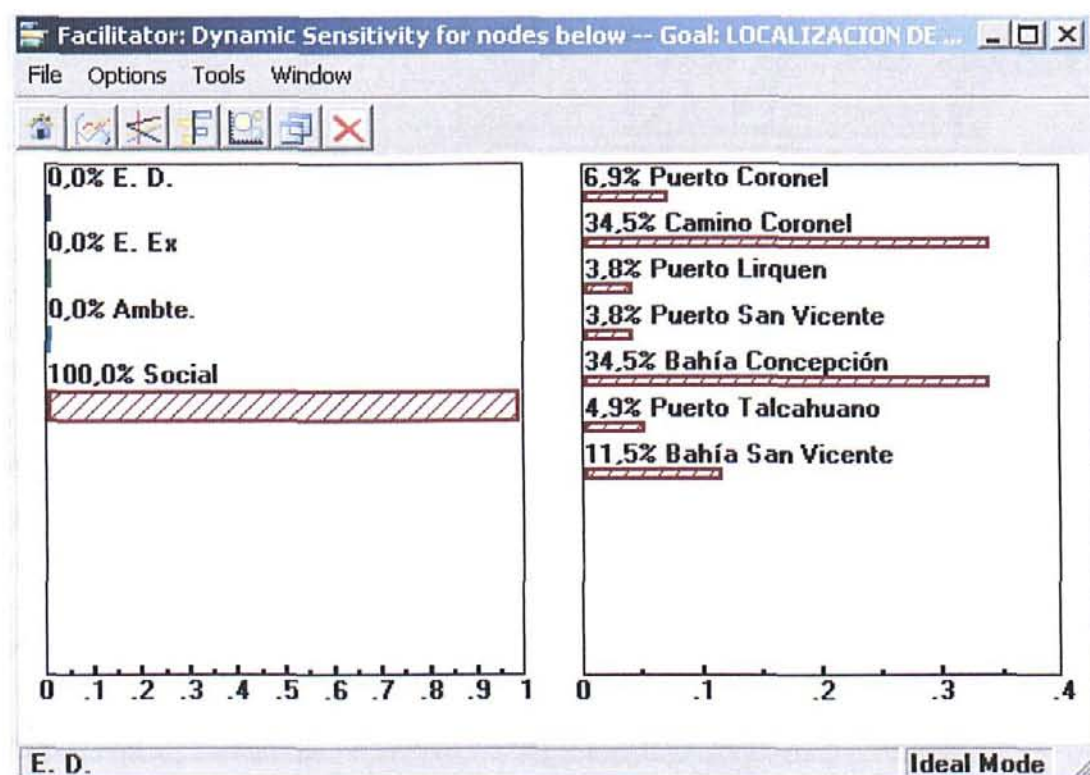


La ilustración 6-3 indica que al variar los pesos de los criterios a un nivel del 38,8 % en el criterio ambiental, valorando los otros criterios en un porcentaje compensatorio respecto al original y al incremento de la variación del criterio sensibilizado, en este caso el ambiental, la solución cambia situándose la alternativa de localización de construir en el sector de Camino a Coronel como la más conveniente. Efectivamente, esto se reafirma al considerar que el aspecto social posee un gradiente mayor y más conveniente para la alternativa de localización Camino a Coronel que la alternativa de ampliar en el Puerto de Coronel, tal como se observa en la primera gráfica de la ilustración 6-2.

En la ilustración 6-4 se observa gráficamente que la componente ambiental es mayormente considerada en la alternativa de localización Camino a Coronel que en la alternativa de localización Puerto de Coronel.

Debido al propósito de la aplicación presentado en este trabajo, se analizó la alternativa de construir una terminal en la Bahía de Concepción. Para ello, se varían los pesos de los criterios, de tal forma que dicha alternativa quede, en lo posible, en primer lugar.

#### ILUSTRACION 6-5 OBTENCIÓN DE UMBRALES DEL CRITERIO SOCIAL



La ilustración 6-5 indica que debe ponderarse con un peso del 100% el criterio social, es decir, una decisión monocriterio, para que la alternativa de localización en la costa de la Bahía de Concepción, recién comience a ocupar una priorización igual a la del lugar Camino a Coronel.

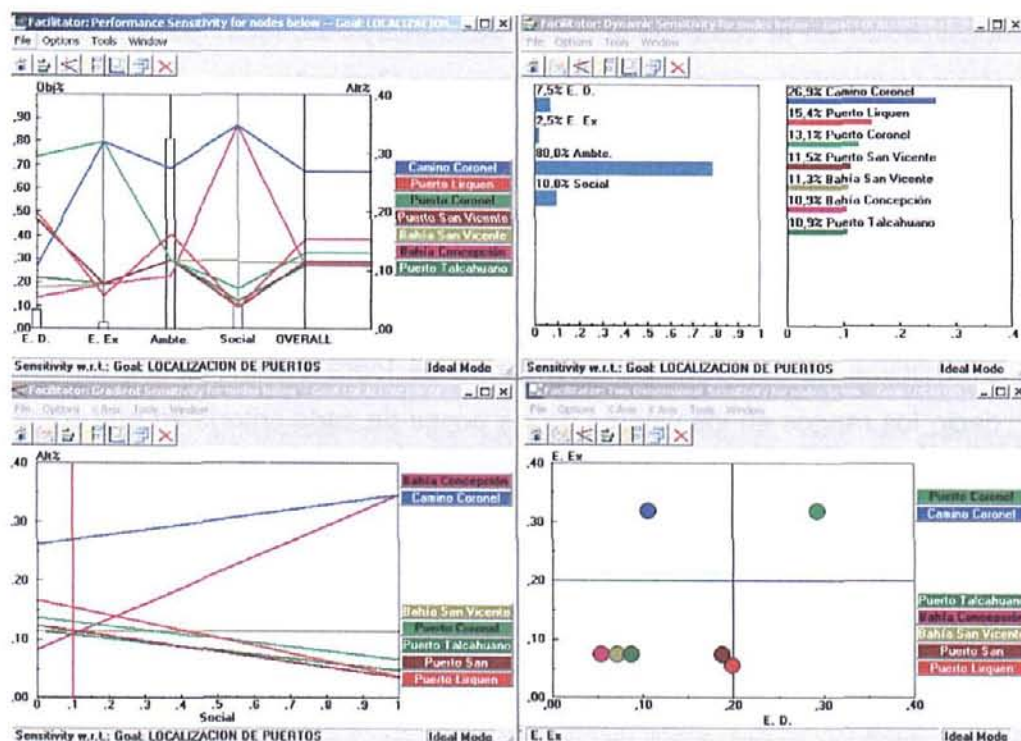
Corresponde analizar a continuación, el comportamiento de la solución frente a cambios en las ponderaciones del criterio ambiental. Para ello se varía en forma dinámica en el programa Expertchoice los pesos del criterio ambiental, de manera que se produzca algún cambio en el orden preferencial de las alternativas de solución. De esta forma se logra establecer los umbrales, es decir, los rangos en los valores de los pesos de cada criterio en que comienza a cambiar la solución, dicho de otra forma, aquellos rangos en los pesos en que la solución se mantiene.

En el escenario ambiental, es decir, una ponderación de un 10% de en el criterio económico, distribuido con un 7,5 % para el subcriterio económico directo y 2,5% para el económico externo, un 10% para el criterio social y 80% en el ambiental, la solución varía. Aunque la alternativa en estudio especial, Bahía de Concepción baje un lugar en la escala de priorización de las alternativas. En la ilustración 6-6 se indica claramente esta situación.

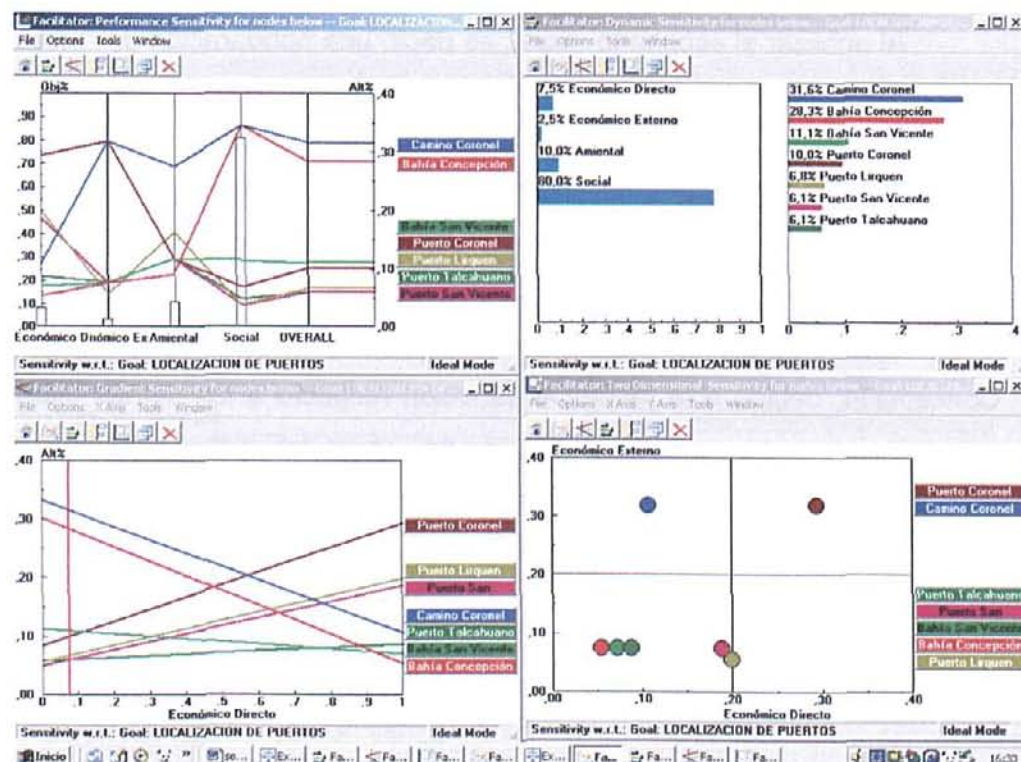
Al analizar el escenario social, es decir, una ponderación del 10% para el criterio económico, un 10% para el criterio ambiental y un 80% para el criterio social, se observa en la ilustración 6-7 que la solución cambia radicalmente, pero la primera prioridad es la misma que en el escenario ambiental siendo la alternativa de localización Camino a Coronel la más conveniente.

Sin embargo, la segunda prioridad es para la alternativa Bahía de Concepción, debido a la favorable situación respecto a las demás alternativas con relación a la relación ciudad-puerto, pues en dicho lugar no habitan personas ni existe condiciones factibles y económicas para construir viviendas.

## ILUSTRACION 6-6 PARA ESCENARIO AMBIENTAL



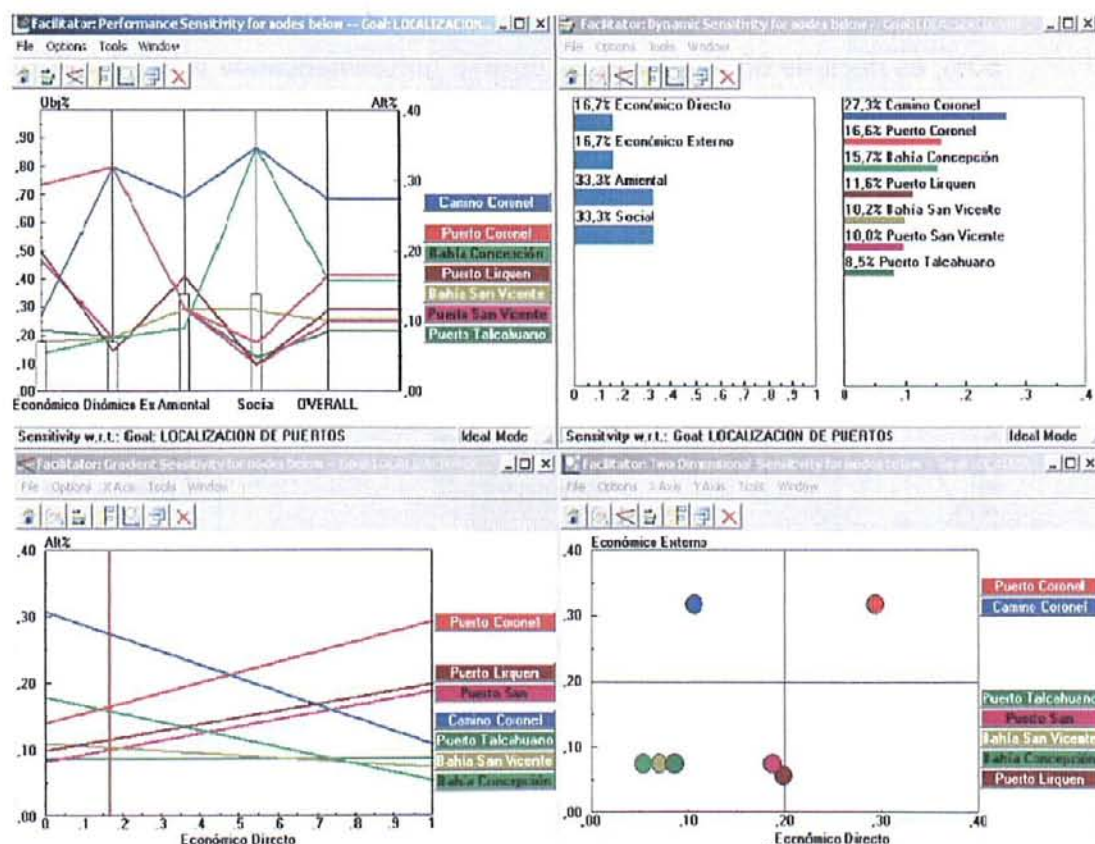
## ILUSTRACION 6-7 ESCENARIO SOCIAL





Analizando el comportamiento de la solución para el escenario equilibrado o “mix” es decir, un tercio para cada criterio, cambiando aquellos valores en el programa, se observa en la ilustración 6-8 arrojado por Expertchoice, que la alternativa Camino a Coronel sigue ocupando el primer lugar, de igual forma como sucede en los escenarios ambiental y social, y sólo cuando se considera una política de decisión basado en una ponderación mayor para el criterio económico, la alternativa de ampliar en el Puerto de Coronel es más atractiva. En este escenario equilibrado, la alternativa Bahía de Concepción obtiene el tercer lugar, objeto de mayor análisis, debido al particular interés en evaluar esta alternativa.

**ILUSTRACION 6-8**  
**ESCENARIO EQUILIBRADO O “MIX”**

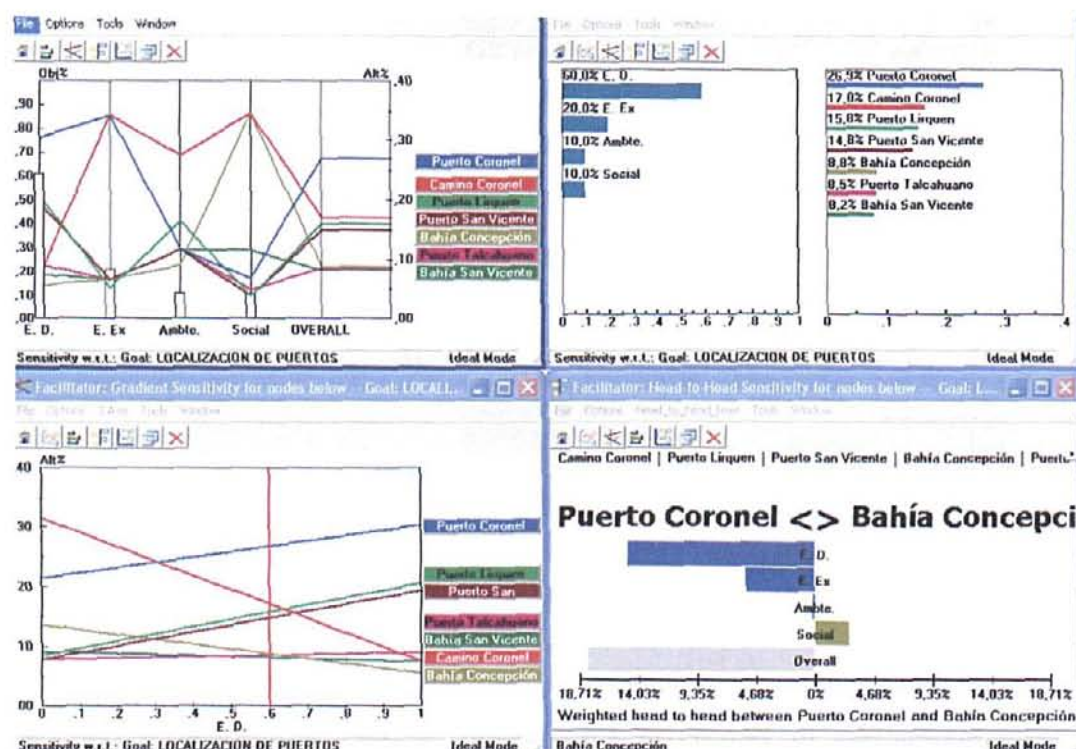


Los siguientes análisis tienen directa relación con la alternativa de construir en la Bahía de Concepción, debido a su interés por parte de funcionarios de entidades públicas y también privadas de generar condiciones para fomentar en ese lugar el desarrollo de actividad logística portuaria.

La lógica para este análisis es la siguiente; las alternativas de localización Puerto de Coronel y Camino a Coronel ocupan los primeros lugares, Puerto de Coronel lo hace cuando se considera fuertemente el aspecto económico, pues dicha alternativa es la de menor coste en términos monetarios. Esto se grafica claramente en la cuarta gráfica de la ilustración 6-8 (punto rojo). Por otra parte, la alternativa Camino a Coronel, es conveniente gracias a la ponderación económico, sobretudo el aspecto coste externo (punto azul). Esta situación es contraria para la alternativa Bahía de Concepción (punto verde claro). Por lo tanto, se cambiaron algunos parámetros de costes en las alternativas Puerto de Coronel y Camino a Coronel.

El siguiente resultado considera una variación en el coste del dique de abrigo para la alternativa Camino a Coronel. Este coste se incrementó en un 50%, es decir de 68,4 millones de dólares norteamericanos a 102,7 millones. Sin embargo la solución se mantuvo para un escenario económico.

#### ILUSTRACION 6-9 INCREMENTO EN EL COSTE DE DIQUE DE ABRIGO EN 50%



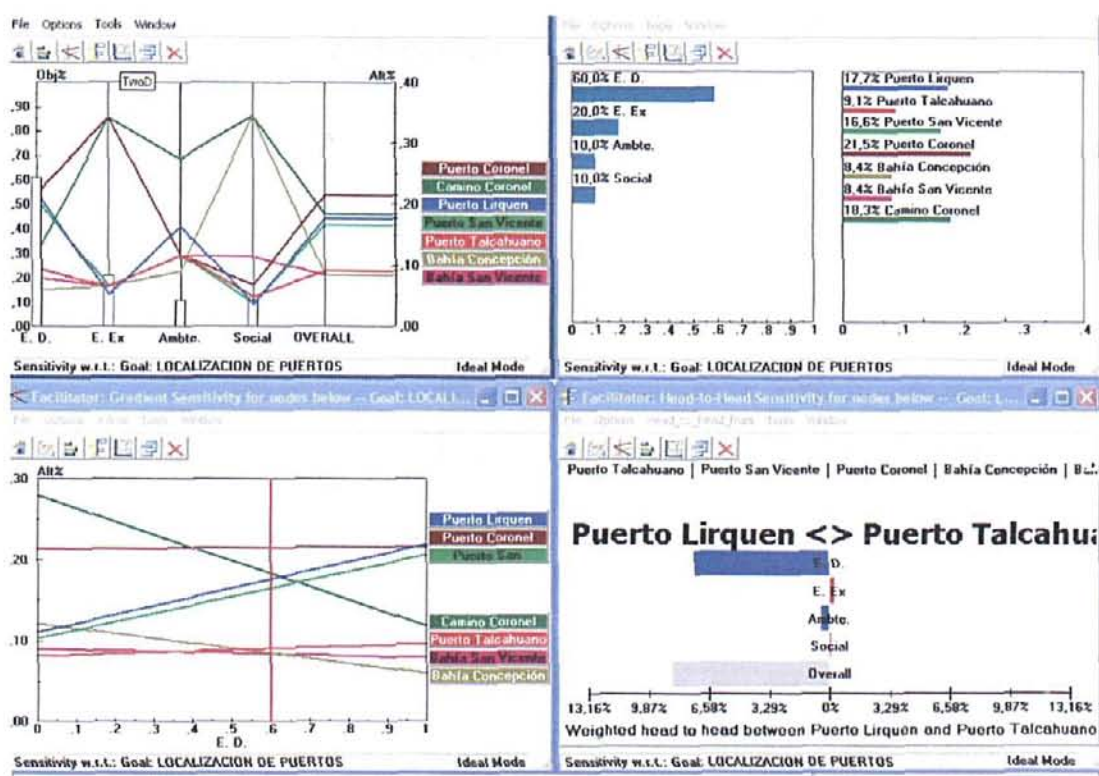
Al analizar el comportamiento de la solución para una variación en un 50% en el coste directo en la alternativa de ampliar en el Puerto de Coronel,



manteniendo los demás parámetros de costes con su valor original, de acuerdo al escenario base o con mayor ponderación en el criterio económico, se obtuvo que la solución básicamente es idéntica a la del escenario base.

Por lo tanto, realizar un esfuerzo mayor en determinar exhaustivamente los costes del dique de abrigo o el coste directos de ampliación en el Puerto de Coronel, no producen un cambio mayor en la solución.

### ILUSTRACION 6-10 INCREMENTO EN EL COSTE DIRECTO PUERTO DE CORONEL EN 50%



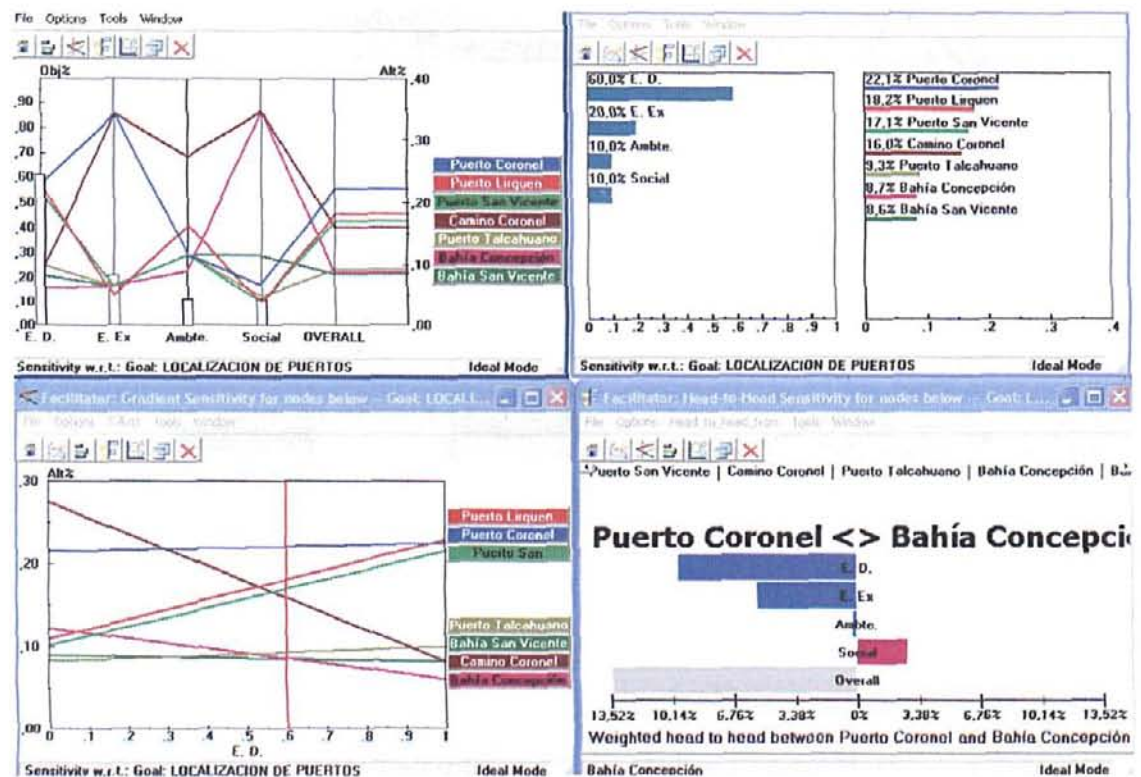
Al realizar cambios en los parámetros de coste directo en ambas alternativas, es decir, un incremento del 50% en el coste de dique de abrigo para la alternativa Camino a Coronel y un aumento del orden de un 50% en los costes directos para la alternativa Puerto de Coronel, el análisis bajo el criterio de ponderar con mayor peso el aspecto económico, arrojó cambios en la solución.

La alternativa de Puerto de Coronel sigue en primer lugar, pero las alternativas de ampliar en el Puerto de Lirquén y ampliar en el Puerto de San Vicente, desplazaron la alternativa de construir en el lugar Camino a Coronel al

cuarto lugar. Sin embargo, la alternativa de construir en la Bahía de Concepción queda relegada a la penúltima opción de las siete alternativas en estudio. Esta situación se refleja gráficamente en la ilustración 6-11.

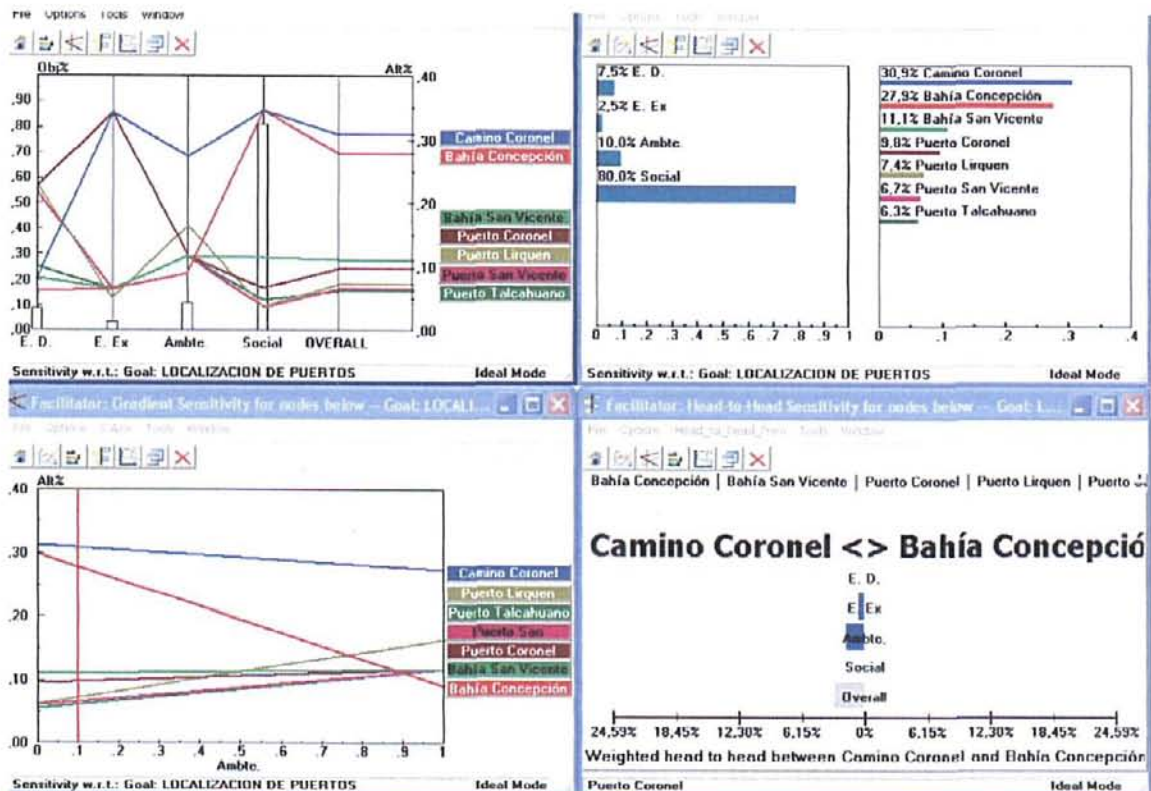
Sin embargo, de la primera gráfica en la ilustración 6-11, se desprende que la alternativa Bahía de Concepción es fuertemente sensible para el criterio social (línea púrpura). Por lo tanto, se analizó el cambio en los costes bajo una política de decisión social, es decir, en aquella en que la ponderación del criterio social cobra más relevancia, esto se representa en la ilustración 6-12.

### ILUSTRACION 6-11 INCREMENTO COSTE DIQUE DE ABRIGO Y PUERTO CORONEL EN 50%





### ILUSTRACION 6-12 CAMBIOS EN COSTES ANALIZADO BAJO ESCENARIO SOCIAL



El análisis de evaluar las alternativas bajo un escenario que prioriza el criterio social arroja un nuevo resultado, en que la Bahía de Concepción queda situada a un segundo lugar, tal como lo indica la ilustración 6-12.

Considerando el análisis de los efectos en las prioridades de las soluciones al variar las ponderaciones de las opiniones respecto al criterio social del lugar Camino a Coronel, se puede observar que la situación en estudio es fuertemente sensible en este aspecto, para una política de decisión que considere un escenario equitativo ("mix") o social.

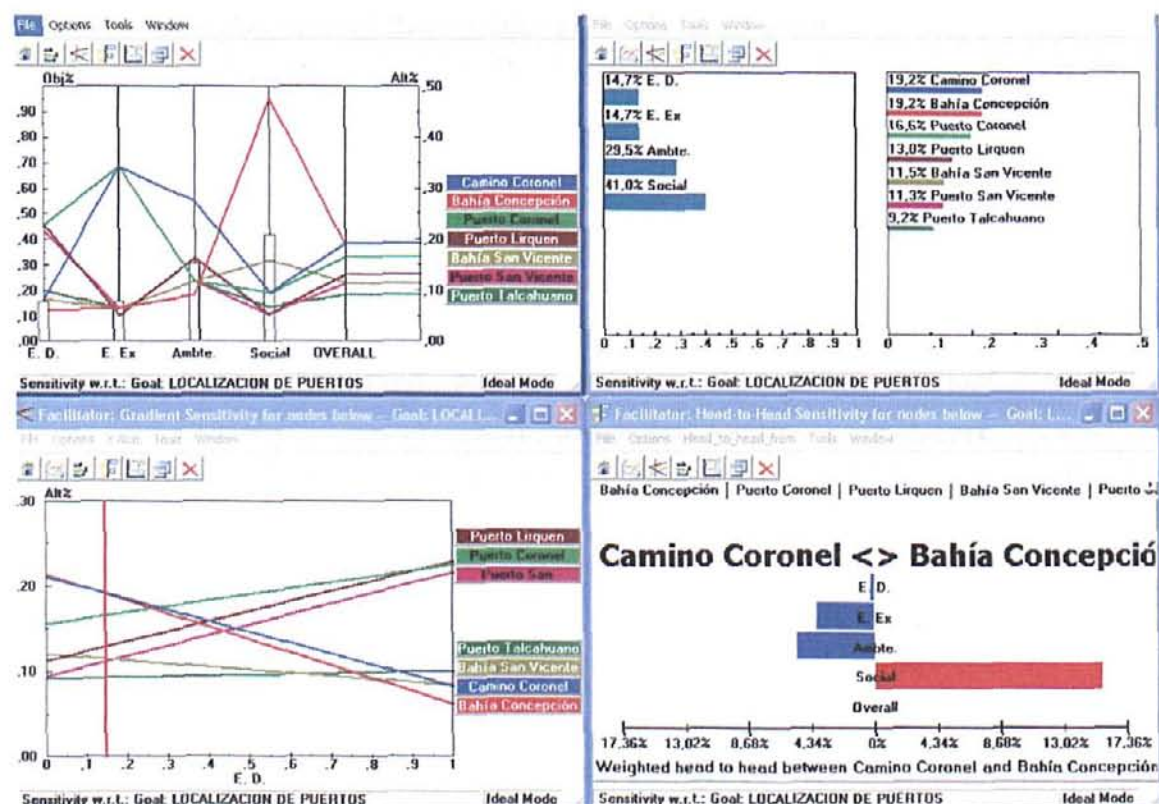
Reciente información referente al interés manifestado de algunos empresarios de la zona por destinar el área adyacente a la costa Camino a Coronel para la construcción de viviendas, fundamentalmente debido a las características apropiadas del terreno, por no requerir de rellenos para su nivelación, ya que su cota satisface los requerimientos exigidos por la reglamentación pertinente, resulta pertinente realizar un análisis de esta naturaleza.

Esto conlleva a realizar análisis de nuevas evaluaciones cambiando algunos conceptos en el cuadro de opiniones respecto a la importancia del aspecto social para dicha localidad.

Al realizar una variación del concepto de importancia de “bajo” a “medio” en el aspecto social para la alternativa de Camino a Coronel y utilizando los comandos de Expertchoice, se observa en la ilustración 6-13 que el umbral para que el lugar de Bahía de Concepción sea preferible, corresponde a una ponderación de 14,7% para cada criterio económico, de un 29,5% para el criterio ambiental y desde 41,5 % o mayor para el criterio social.

De las gráficas de resultado del software Expertchoice se desprende que una variación de un cincuenta por ciento más en los costes directos de las alternativas Camino a Coronel y Puerto de Coronel no repercute en la solución original, para ninguno de los escenarios estudiados.

**ILUSTRACION 6-13**  
**DETERMINACIÓN DE UMBRAL EN LAS PREFERENCIAS SOCIALES PARA**  
**ALTERNATIVA CAMINO A CORONEL**



Sin embargo, al aumentar la importancia respecto al impacto social o de relación ciudad-puerto que se le asigne al lugar Camino Coronel desde bajo a medio, si afecta las jerarquías de solución, cuando la evaluación se efectúa para el cuarto escenario equilibrado o “mix”.

Por lo tanto, una variación en el concepto que refleja las opiniones de aquellas personas que los involucrados en el proceso de toma de decisión consideren importantes, es sumamente influyente. Es así que para el caso en estudio, la cual es la evaluación de realizar una plataforma logística portuaria en la localidad de la Bahía de Concepción, resulta atractiva para una política de decisión multicriterio equitativa o social. Cuando el peso en el criterio social sube de 41,5%, la solución cambia desplazándose a la primera prioridad el lugar de Bahía de Concepción. Por lo tanto, es recomendable considerar las eventuales opiniones de las personas que habitarán el sector Camino a Coronel y tener en cuenta que el sector de Bahía de Concepción no tendrá problemas sociales, debido a que no es apto para la construcción habitacional. También se debe considerar que al considerar políticas ambientales o económicas, la alternativa de Bahía de Concepción no es la más adecuada.





## **7: CONCLUSIONES, APORTACIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN**

### **7.1. CONCLUSIONES Y APORTACIONES**

Las conclusiones y recomendaciones son materia valiosa en todo trabajo de análisis o investigación, pues sintetiza lo fundamental de los objetivos del cual debe la existencia el propio estudio. Las conclusiones permiten en reiteradas ocasiones conocer un adicional, por mínimo que este sea, a lo hasta ahora conocido sobre la cuestión analizada.

A partir de las conclusiones y del trabajo efectuado, es posible realizar recomendaciones para diversos propósitos, por lo general, para futuros autores que deseen utilizar en parte el actual trabajo.

También es esperable, que un trabajo de esta envergadura, finalice con observaciones emanadas por el autor o autores, según sea el caso, respecto de vetas de temas a investigar relacionadas con el área tratada en el estudio, fundamentada en la opinión de las personas que han trabajado en ello.

En este subcapítulo se declaran las conclusiones que al autor le parezcan que contribuyan, tanto relacionadas con la metodología propuesta como vinculadas a la aplicación efectuada con dicha metodología. También se manifiesta algunas recomendaciones en la aplicación de la metodología, finalizando con propuestas de futuras temas a investigar enlazadas al estudio realizado en este trabajo.

#### **7.1.1.- Conclusión respecto de la metodología para determinar la localización de puertos**

La metodología propuesta en esta tesis, cuyo propósito es apoyar la toma de decisión respecto a la determinación del lugar más adecuado para la construcción o ampliación de una terminal portuaria para contenedores, está basada en la consideración del criterio económico, del ambiental y del social. Se apoya en la técnica multicriterio AHP, la cual es una técnica que se fundamenta en la búsqueda de soluciones satisfactoriamente eficientes, pero con el riesgo de

incorporar soluciones que en algunos aspectos sean inconvenientes en razón de los equilibrios preexistentes desde la perspectiva de los criterios de equidad. También puede dejar fuera otras alternativas que evaluadas bajo un sólo criterio pudiesen ser muy convenientes. Otras técnicas de origen europeo, tales como el método PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) propuesto por Brans, o ELECTRE (elimination and choice translating algorithm) inicialmente sugerido por Benayoun, Roy y Sussman, buscan soluciones en base a criterios en que la equidad prevalece sobre la eficiencia y por tanto más equitativas que las del AHP.

Sin embargo, en la aplicación de esta tesis que utiliza la técnica AHP, se analizaron las prioridades de las diferentes alternativas bajo un criterio restrictivo, eliminando aquellas que estuviesen en el extremo menos conveniente desde el punto de vista de la equidad, suavizando así el criterio de eficiencia versus equidad en la determinación del conjunto de las alternativas de solución.

a).- El trabajo estudia la factibilidad de proponer una metodología con el propósito de poder evaluar distintas opciones de localización de una terminal portuaria para atender la misma demanda adicional y global de servicios. Por ello, sólo se han considerado aquellos factores influyentes en los criterios determinados; factores que son los que varían de una alternativa a otra de las consideradas para la localización de una terminal. Prescindiendo de los factores que se han considerado invariantes; lo cual resulta ser adecuado porque ahorra esfuerzos en capturar información que finalmente no es utilizada en los análisis de comparación entre alternativas de solución. Lo cual ha resultado ser una metodología satisfactoria, aunque los valores finales obtenidos no son los totales, sino los requeribles diferenciales.

b).- 1.- A los efectos del uso de técnicas multicriterio para abordar problemas objeto de decisión este trabajo ha demostrado que resulta adecuado utilizar técnicas como la del AHP, entre otras.

2.- En la actualidad los procesos de toma de decisión respecto a la localización para la construcción de terminales portuarias, u otras áreas logísticas, están basados en las evaluaciones sociales, cuando se trata del interés público, y en evaluaciones privadas cuando son de ese carácter. La metodología propuesta

permite conjugar ambas clases de evaluación y una vez determinados los resultados, permite así mismo realizar análisis posteriores de las distintas alternativas de localización, considerando otros criterios adicionales que se pueden agregar a los ya supuestos en las evaluaciones sociales y/o privadas.

c).- 1.- El impacto producido sobre la sociedad por la construcción y posterior operación de una terminal portuaria o de un proyecto de inversión que atañe al bienestar de la sociedad, como puede ser cualquier infraestructura de transporte terrestre, están siendo consideradas por los decidores, cada vez más minuciosamente. Esta metodología resulta ser una herramienta de apoyo muy útil a quienes se encargadas de estos procesos de toma de decisión, por lo general, personeros del gobierno, autoridades regionales u otras autoridades, ninguna de las cuales tiene por qué dominar técnicas de investigación de operaciones se apoyen o no en técnicas multicriterio.

2.- Sin embargo, son cada vez más habituales las asesorías por entidades técnicas que interactúan los personeros referidos en los procesos de las distintas alternativas de localización y en concreto en los correspondientes análisis que incorporan distintos criterios. Se debe comprobar entonces, la consistencia de los pesos, cada vez que estos son modificados, y esta metodología que utiliza la técnica de AHP lo permite.

d).- La metodología presentada, al proponer pesos hipotéticos para los diferentes criterios en los distintos escenarios, determina una matriz de comparación de parejas de alternativas que siempre resulta consistente, arrojando una matriz vector de prioridades para las alternativas en consideración, la cual brinda información a los tomadores de decisiones respecto del comportamiento de la técnica en el problema específico a estudiar.

### **7.1.2.- Conclusión sobre la localización de terminales portuarias**

a).- 1.- Al observar el cuadro 6-20 del capítulo anterior, en el que se indican las prioridades de cada alternativa de localización de una terminal portuaria, sea esta por ampliación de una preexistente o por la construcción de una nueva terminal, se concluye que la opción de construir una nueva terminal en la localidad de Camino a Coronel, resulta ser la más conveniente en tres de los cuatro

escenarios propuestos. En el restante escenario, el uno, en el cual se privilegia el criterio económico, es decir, la minimización de costes directos, la opción mencionada aparece en segundo lugar después de la alternativa de ampliación en el Puerto de Coronel.

2.- Se puede inferir de ello, que la localización de la terminal en el entorno a Coronel puede parecer ser la zona conveniente en términos ambientales y sociales, y con ventajas competitivas respecto a la actividad de transporte, debido fundamentalmente a la procedencia de las cargas que atienden los puertos de la VIII región, las cuales provienen principalmente desde el sur de esta región. (Tanto es así y se manifiesta esto a efectos verificativos, que personeros del gobierno, frente a la presión de los municipios de las comunas involucradas con la actividad portuaria respecto a la construcción de un cuarto puente rodoviario para cruzar el río Bío Bío, cuya anchura sobrepasa los dos kilómetros, manifiestan que es más conveniente desarrollar la actividad portuaria en la zona de Coronel, al sur de la desembocadura del principal río, debido que el setenta y cinco por ciento de la carga que trasbordan los puertos de la octava región, justamente provienen desde el sur.)

b).- Respecto del proyecto que se pretende en la Bahía de Concepción, para una plataforma logística con la participación de capitales privados, se concluye que el coste de construcción de una terminal portuaria de la misma resultan ser más onerosa allí que en las otras alternativas, sobre todo por causa de las instalaciones y obras de atraque; ello se debe a la escasa pendiente de los fondos de dicha bahía, que impone enormes obras de dragado o muy largas obras de atraque para la consecución de los calados adecuados .

Sin embargo, si la propuesta de esta plataforma logística consistiese en el mero espacio seco para desarrollar las actividades de agregación de valor a las mercancías, independizado de las actividades de trasbordo portuario, resultaría conveniente según lo indicado en los cuadros de resultados de prioridades de las alternativas en el cuarto escenario, donde la localidad de la bahía de Concepción registra el segundo lugar, después de la localidad de Camino a Coronel. (En lo mismo se estaría si la naturaleza de las mercaderías permite su carga y descarga mediante instalaciones e infraestructuras sencillas y su traslado a tierra mediante sistema de transporte liviano, como ser el caso de graneles.)

c).- Diferencias en las soluciones analizadas desde perspectivas sociales y desde perspectivas privadas llevan a concluir que esta metodología es un instrumento adecuado para determinar las diferencias entre los intereses en el proceso de las decisiones referente al desarrollo de infraestructura portuaria en determinados lugares., tanto por representantes del sector público como por personeros del sector privado

d).- Los intereses privados, generalmente difieren de los intereses públicos, sin embargo y mediante esta metodología es posible analizar un problema de localización que involucra a ambos sectores propulsores del desarrollo de una región, bajo un contexto integrador, en que los resultados pueden ser de tal magnitud, que ambos queden satisfechos en sus intereses comprendiendo que el beneficio obedece a razones que atañen a la sociedad en conjunto a los privados.

e).- 1.- Examinando los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se puede concluir que la metodología se comporta con una determinada lógica, debido a que, después de trabajar con ellos, se obtiene una comprensión del fenómeno en estudio de la que se percibe en forma inminente la lógica o el comportamiento del fenómeno frente a variaciones en algunos aspectos que el usuario desee modificar. Dicho en otras palabras, la metodología obliga y permite a la vez, conocer el sector y el problema en estudio.

2.- En cuanto a las decisiones de selección de alternativas de localización de *ampliación de la capacidad de servicios portuarios*, la *metodología propuesta* resulta un apoyo ingenieril fundamental para la selección más conveniente de la misma, considerando los criterios de decisión involucrados.

3.- Se comprueba que la técnica AHP permite apoyar la toma de decisiones en problemas de selección de alternativas que involucra a grupos de personas. Con la técnica AHP y de acuerdo a los resultados de esta tesis, es posible seleccionar una alternativa de solución al problema planteado, que conlleve a un consenso de los grupos de personas involucrados. En este caso en particular, se ha elegido la alternativa Camino a Coronel como el lugar en que los criterios ambiental, social y de costes externos son priorizados para los distintos escenarios evaluados, mientras el criterio “costes directos” se pospone a una

segunda prioridad (ver cuadro 6-20), es decir, se consigue con dicha alternativa un consenso entre los grupos de personas que privilegien un criterio sobre otro.

f).- La metodología propuesta permite evaluar alternativas de lugares para emplazar terminales portuarias, tanto con protección natural como en zonas sin protección, en las cuales fuere preciso construir una obra de abrigo. Debido a que la metodología considerar otros varios factores preponderantes en las evaluaciones de las distintas alternativas de localización, puede resultar ser más conveniente seleccionar una alternativa sin protección natural, lo cual permite incorporar aquellos espacios territoriales que pudieran considerarse a priori no aptos para emplazar una terminal portuaria.

## 7.2.- PRINCIPALES APORTACIONES

a).- La metodología presentada en este trabajo está sustentada en la utilización de un enfoque integral del sistema de transporte, explotando el concepto de cadena logística de la actividades de transporte y la utilización de técnicas multicriterio para determinar las jerarquías de alternativas de las localizaciones de terminales portuarios, cuyas selección amerita la consideración de múltiples criterios, constituye una herramienta útil para la resolución a problemas similares.

b).- Las decisiones de selección de alternativas dependientes de múltiples criterios tomadas por representantes del gobierno nacional o por gobernantes electos de cada comunidad, muchas veces quedan sujetas a los criterios de quienes en ese momento estén a cargo de aquella tarea. La metodología presentada en este trabajo puede ser bastante útil para apoyar en el proceso de análisis del comportamiento de las decisiones, muchas veces denominadas de carácter políticas, generando información de base para concluir con una adecuada selección de las alternativas presentadas.

c).- El desarrollo regional, aparte de las voluntades y agentes económicos entre otros, queda supeditado a las políticas generadas para tal propósito. Estas políticas, muchas veces son generadas sin el apoyo de herramientas de ingeniería que sean capaces de abarcar los criterios y variables involucradas en estos procesos. Dentro de las preferencias de las personas que deben procesar información con el fin de obtener una selección conveniente de líneas de acción que conlleven al desarrollo de la región, de seguro están posicionados aquellos aspectos que sean de interés de la sociedad. La metodología propuesta resulta un buen instrumento para considerar el aspecto social en decisiones que involucren las actividades de la comunidad en cualquier índole.

d).- Hoy en día, el capital proveniente de inversionistas privados está incorporándose en actividades de servicios públicos, tales como el transporte público, servicios urbanos, incluso en el financiamiento y administración de infraestructuras que antes estaban a cargo del sector público. La participación de privados en actividades que anteriormente eran de exclusividad estatal, dificulta

en parte algunas aspiraciones sociales que décadas atrás dependían de las decisiones de gobernantes de turno.

Sin embargo, persisten las aspiraciones de los habitantes de las comunidades, quienes manifiestan sus inquietudes, argumentando con aquellos hechos que con frecuencia se ven afectados, que aquellos proyectos que antes estaban a cargo de organizaciones públicas, en la actualidad son de carácter privado, con la creencia en la opinión pública que dicho sector, poco interés posee por resolver las inquietudes sociales.

Decisiones que atañen tanto a intereses públicos como privados pueden resultar menos dificultosas de evaluar y analizar, si se apoyasen en la información arrojada con metodologías basadas en análisis multicriterio y en evaluaciones conjuntas privadas y sociales.



### 7.3.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

a).- Motivado por los resultados de este trabajo, así como los diversos temas estudiados relacionados con la temática de desarrollo portuario, se recomienda realizar una evaluación de localizaciones a nivel de costa en el Pacífico Sur en el continente Sudamericano respecto al desarrollo de puertos Hub. Esto justificado por la importancia de estos puertos pivotes en el impacto del desarrollo económico regional, producto de las economías de escala provocados por las infraestructuras y naves de mayor capacidad.

Muchas personas involucradas en el sector marítimo de países situados en la costa del pacífico del continente sur americano, están considerando la posibilidad de construir un puerto pivote en sus respectivos países. Pero, quizás se justifique realizar por ahora, sólo un puerto de esa envergadura, lo que amerita realizar un estudio de la posible localización de un puerto de estas características.

b).- La productividad en la cadena logística de transporte se ve afectada por la relación de la ciudad con el puerto, debido a diversas circunstancias que conllevan a invertir en acciones, tales como nuevos accesos por rutas más alejadas del sector inmobiliario. Estudiar la relación entre los ciudadanos que habitan en zonas contiguas al puerto y las actividades del propio puerto es una tarea que hoy parece ser necesaria, con mayor razón en la época de globalización, en que el intercambio de mercancías se incrementa y el respeto a la calidad de vida también.

c).- Resulta muy interesante estudiar el desarrollo de metodologías basadas en técnicas multicriterio integradas con sistemas de información geográficos (SIG). La potencialidad de estos sistemas permite almacenar información respecto al medio físico (topografía, batimetría, corrientes marinas, entre otros) y al medio antrópico (carreteras, puertos, ciudades entre otros) todo ello pertinente a una evaluación integral respecto a la eficiencia de un sistema de transporte en determinada región. Es decir, la generación de modelos de decisión multicriterio apoyados en sistemas de información geográficos resulta útil para la planificación y ordenación del territorio.

d).- La determinación de la localización más conveniente para el desarrollo portuario en Chile, debe contemplar el estudio de múltiples factores, pero sobre todo, el enfoque debe ser integral, sistémico y logístico. De acuerdo a los modelos de distribución de Rimmer, Bird o Verlaque, la distancia que separan a los puertos, cada vez son mayores, debido a las economías de escalas, a la eficiencia de los sistemas de transporte, a la accesibilidad a los hinterland, al progreso tecnológico de buques y puertos, entre otras causas. Por tanto, en una nación, la distribución geográfica de las actividades portuarias queda condicionada al crecimiento de movimiento de carga, y a la cercanía de otros puertos que pudieran interferir en el desarrollo de ambos, producto de la competencia por la carga proveniente de hinterland comunes.

El estudio de la distribución del sistema portuario es fundamental para generar políticas de transporte, sobretodo si los actuales emplazamientos de las terminales portuarias están aproximados, lo que amerita una conveniente selección por parte de los organismos públicos y privados, a la hora de generar actuaciones que pueden influir en el desarrollo de alguna de ellas.

## 8: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiodun, Y., Alonso, William; Bihute, Donatien et al. (1987) *Repensando la ciudad del tercer mundo* (1ª. ed. Buenos Aires: GEL, Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo

Aldoney, G. (2003) *Política Portuaria en Chile. Recopilación antecedentes congreso de Chile 1996-2002*, Cámara de Diputados de Chile

Aladi (2001): *Diagnóstico del transporte internacional y su infraestructura en América del Sur* Modo Marítimo, Montevideo, septiembre

Alonso de Ovalle. Historia relación del Reino de Chile 1646.

Antún, J., (1994) Logística: una visión sistémica, Serie D-39, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 206 p

Antún, J.,; Mallorquín, M; Toledo, I; Briceño, S (1998) Operadores Logísticos en la Distribución Metropolitana de Mercancías: una estrategia para la mitigación de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero en el área metropolitana de la Ciudad de México, Instituto de Ingeniería para Instituto Nacional de Ecología, (SERMANAP) y la Agencia para el Desarrollo Internacional de los EE UU de NA (USAid), Mexico DF, 199p., 1998.

Arenas, E., Risque J. (2001) *El desarrollo de los proyectos puertos-ciudad en Chile*, Portus, Puerto de Barcelona

Arancibia, S., Contreras E., Mella S., Torres P., Ilablanca I., (2002) *Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva*, Universidad de Chile, Chile

Arias, P., (1975), "Las Técnicas Interactivas de Programación Multicriterio, Planificación Agraria". Madrid. Comunicaciones I.N.I.A. (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias), Serie: Economía, nº 34 (1990), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Agustín De Asís A., Labie, M., Mataix, M., Sota, J.,(2000); *La microempresa como agente de desarrollo en el Sur..* CIDEAL 153 p

Banister, D. and Berechman, J., (2000a). *Transport investment and economic development*. UCL Press, London.

Banister, D. and Berechman, J., (2000b). *The Economic Development Effects of Transport Investment*. TRANS-TALK Workshop, November 2000, Bruselas.

Banister, D. and Berechman, J., (2001). *Transport investment and the promotion of economic growth*. Journal of Transport Geography 9, pp. 209-218.

Barba, Romero, (1994), *Evaluación Multicriterio de Proyectos*, Ciencia, Tecnología y Desarrollo: Interrelaciones teóricas y metodológicas, Martínez E., Caracas, Nueva Sociedad.

Barba, Romero y Pérez, (1994), *La Decisión Multicriterio en el análisis y la gestión de los recursos naturales*, Análisis Económico y Gestión de los Recursos Naturales, Azqueta, D. y Ferreiro, A., Madrid, Alianza Editorial.

- Barba, Romero y Pomerol, (1997), *Decisiones Multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica*, Madrid, Universidad de Alcalá de Henares
- Barredo, J., (1996), *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*, Madrid, Ra-ma, 264 p.
- Beer, S. (1959), *Cybernetics and management*, English Universities Press, London
- Beimborn, E., Horowitz, Alan (1993). *Measurement of Transit Benefits*. Final Report. US Department of Transportation, Wisconsin, 1993
- Benavides J., Valenzuela, Pizza. *Arquitectura y Ciudades Portuarias en Chile*.
- Bierwirth, L., (1993); *Historia de la navegación a vela en Chile*. Sociedad las Orcas Ltda., Santiago de Chile.
- Bird, J. (1971). *Seaports and seaport terminals*, Hutchinson University Library, London.
- Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A., Weimer, D. (2001). *Cost-Benefit Analysis. Concepts and Practice*. Prentice Hall, New Jersey.
- Boletín del Centro Naval (2000): *La Marina Mercante Argentina*, Número 800, Volumen 118, Octubre
- Boske L., Cuttino J., (2001): *The impacts of u.s. Latin American trade on the southwest's economy and transportation system: an assessment of impact methodologies*, University of Texas, junio
- Bristow, A. L. & Nellthorp, J. (2000). *Transport project appraisal in the European Union*. Transport Policy, 7, pp. 51-60.
- British Ports Association (1983) *Design of Heavy Duty Pavements for Ports*.
- Burkhalter L. (1999): *Privatización portuaria: bases, alternativas y consecuencias*, CEPAL, LC/G. 2045-p, diciembre
- Busquets J. (2001) *Los frentes de Agua Españoles*, Revista Portus Nº. I,
- Caata (2000): *Informe de la autoridad transporte acuático del ecuador*, IX Reunión Ordinaria del Comité Andino de Autoridades de Transporte Acuático, Lima, septiembre
- Cabotage and Liner Shipping in MERCOSUR (2000) *The Fear of foreign competition*, Trading News, Buenos Aires, Junio
- Calcagno, A., Manuelito S. y Ryd G. (2002) *Proyecciones Latinoamericanas 2001-2002*, (LC/L.1688-P), Enero.
- Calcagno, A., Manuelito S. y Ryd G. (2001) *Proyecciones Latinoamericanas 2000-2001*, (LC/L.1480- P), Enero
- Camarero, A. (2005) *Cadenas integradas de transporte* 233 p. ETSI Caminos, Canales y Puertos y ETSI Industriales

Cámara de Comercio de Santiago (2001): *Movimiento marítimo y aéreo*, Santiago, febrero

Cámara Marítima y Portuaria de Chile (2001): *Lineamientos de una política de transporte e infraestructura*, Valparaíso

Carrasco, J., (1997), *La Unión Europea y el reto medioambiental* ; La Unión Europea, un reto para las empresas y los profesionales españoles : IX congreso AECA : Salamanca, septiembre, pp. 40-42

Cascajo, R., (2004), *Metodología de evaluación de efectos económicos, sociales y ambientales de proyectos de transporte guiado en ciudades*, tesis doctoral, UPM, Madrid

CEPAL (2001) *Perfil Marítimo de América Latina Y El Caribe*, LC/W.001, Santiago

CEPAL (2001) *El potencial de puertos pivotes en la costa del pacífico sudamericano*, CEPAL 71, Agosto

CEPAL (2001), *El desarrollo institucional del transporte en América Latina durante los últimos veinticinco años del siglo veinte*, Serie Recursos Naturales e Infraestructura 17, CEPAL, Marzo

CEPAL (1997), *Los Ferrocarriles del Cono Sur de América Latina y su Contribución al Comercio Internacional*, CEPAL. Unidad de Transporte, División de Comercio Internacional. Transporte y Financiamiento de las Naciones Unidas, Septiembre.

CICLO S.A. (1992) *Proyecto Ampliación Puerto de Lirquén. Oceanografía, Hidrografía, Ingeniería Marítima* Compañía Puerto de Lirquén S.A.

Colomer, J (1998). *El transporte terrestre de mercancías: organización y gestión*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 252p.

Contreras, E., (2001). *Evaluaciones de Inversiones Públicas: Enfoques Alternativos y su Aplicabilidad para Chile*. Universidad de Chile. Santiago

Dekker, S., Port Investment – Towards an Integrated Planning of Port Capacity, T2005/5, June 2005, TRAIL Thesis Series, The Netherlands

Dekker, S., R.J.Verhaeghe, and F.M. Sanders (2004). *Planning of port capacity in intermodal transport networks – the case of Rotterdam*. Selected Proceedings of the 10 th World Conference on Transport Research. CD-ROM. WCTR, Istanbul, Turkey.

De Neufville, R., Tsunokawa K. (1981), *Productivity and returns to scale of container ports*, Maritime Policy Management, N° 2

División Desarrollo Económico (2001) *El balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe* División de estadística y proyecciones económicas, Sedes subregionales de la CEPAL en México D.F., Puerto España y las oficinas de la CEPAL en Argentina, Brasil y Colombia

De Rus, G. (2001). *Análisis Coste-Beneficio*. Ariel. Barcelona.

Diez, J. (1996), *Guía Física de España: VI. Las Costas*. Alianza Editorial. Madrid.

Diez, J. ( 1996), *Container traffic, port and land routes networks and large scale land management*. For World Transport Congress in Melbourne. Australia.

Diez, J. ( 1999), *La oceanografía y la ingeniería marítima y costera*. R.O.P. N. 3888. pp. 141-146. Madrid, Junio

Diez, J. (2003), *Puertos Secos (Urbanismo y Ordenación del Territorio)*. Textos del IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Colegio de ICCP. ISBN 84-380-0261-7 Vol. 2 pp. 1601-05. Madrid.

Diez, J. ( 2005), *About "El Niño" and other concomitant phenomena*. Journal of Coastal res. Vol. 21. N. 6. 2005 pp. Xiii-Xviii West Palm Beach. Florida.

Dyner Liners (2001) *Dyner Liners 25*, Alkmaar, Países Bajos Junio

*El Borde Costero*, Subsecretaría de Marina, Chile

Ercilla, (1998) *Historia de Chile, Historia de Puertos de Chile, Historia de EMPORCHI*, Publicaciones EMPORCHI, Chile

EPPEN, G.D., GOULD, F.J. y SCHMIDT, C.P., (2000), *Investigación d Operaciones en la Ciencia Administrativa*, 5º Edición, México, Prentice Hall.

*Expert Choice* (2002). Pittsburgh: Expert Choice, Inc.

Góngora, A., *Historia de Chile desde descubrimiento hasta 1575*

González B., (2001), *Determinación de localizaciones óptimas de puntos múltiples de vertidos de aguas residuales en zonas costeras mediante algoritmos genéticos*, tesis doctoral, Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

Feres, J. (2001) *La pobreza en Chile en el año 2000*, (LC/L.1551-P), Mayo

Fernández, M. (1998) *La empresa portuaria de Chile*, Emporchi, Chile

*FERROCARRIL TRASANDINO DEL SUR - CORREDOR BIOCEÁNICO ATLÁNTICO – PACÍFICO*,. Banco de la Provincia del Neuquén, Bolsa de Comercio de Bahía Blanca.

Fletcher F. (1578), *Viaje alrededor del mundo de Francis Drake*

Freidenfelds, J. (1981). *Capacity Expansion – Analysis of Simple Models with Applications*. North Holland, New York, U.S./Oxford, U.K..

Fontaine, E. (1987) *Evaluación social de proyectos; metodología utilizada en un estudio para evaluar construcción puerto de Corral*, ODEPLAN, Universidad de Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile.

Forman, E. Gass S. (2001) *The analytic hierarchy process an exposition*. Operations Research

GUERRAS, L.A., (1989), *Gestión de Empresas y Programación Multicriterio*, ESIC.

Gühnemann, A. (1999). SEA and Sustainable Development in the Baltic Sea Region. *OECD/ECMT Conference*. Warsaw.

Hamdy A., Taha, Pearson, (1998) *Investigación de operaciones, una introducción*, Sexta Edición Prentice Hall Hispanoamericana, México

Handbook Quay Walls, (2005) CUR Publications, Septiembre

Hayes J., (2001) *Guidelines For Port Planning and Design IAPH*

Herbich J. *Handbook of Coastal and Ocean engineering*, Volumes 1, 2 & 3,

Hernández, J., Antún, J. y Lozano, A. (2001) *Laboratorio de Transporte y Sistemas Territoriales*, Universidad Nacional Autónoma de México.

Hevilla (1998), CEPAL/ILPES

Hillier F., Lieberman G, (1997) *Introducción a la investigación de operaciones*, McGraw Hill, Mexico

Hogan, (2001) CEPAL/HABITAT

Hoffmann J. (1999) *Concentración en los servicios de líneas regulares: causas del proceso y sus efectos sobre el funcionamiento de los puertos y de los servicios de transporte marítimo de las regiones en desarrollo*, CEPAL LC/L.1169, Santiago de Chile, Enero

Hoffman J. (2001) *Transporte Marítimo*, CEPAL

IADC/IAPH (1997) *Dredging for Development, An Introduction for Port and Navigation Managers - Environmental Aspects of Dredging*, Vols. 1-7, 1996-2000, IADC/CEDA

IADC/IAPH/CEDA/PIANC (2000) *A Guide to Responsible Dredging and Disposal Practices*, Dredging, the Facts

IAPH Guidelines, For Port Planning and Design, Port Planning and Construction Committee, September 2001, INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PORTS AND HARBORS (IAPH), Japan

Informe final del Seminario: (1995) *Potencialidades de Integración en América Latina. Corredores Bioceánicos: Expectativas y Realidades*, Dirección de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas de la República de Chile.

Izquierdo, R. (ed.), Aymerich, M., Colomer, J., Ibeas, A., Menéndez, J. M., Monzón, A., Robusté, F., Turró, M. & Zaragoza, A. (1994). *Transportes. un enfoque integral*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Colección Escuelas, Madrid.

*II Curso de transporte marítimo y gestión portuaria*: [Madrid], 25 de enero a 26 de abril 2002, Curso de Transporte Marítimo y Gestión Portuaria (2, 2002) ETSI Caminos, Canales y Puertos, ETSI Navales y EUIT de Obras Públicas 886 p.

Keeney, Ralph L., Raiffa, H. (1976). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. John Wiley & Sons.

Lambert, D.; Stock, J. (1993) *Strategic Logistics Management*, Irwin, Boston, 862p.

Layard, R. & Glaister, R. (1996). *Cost-Benefit Analysis*. Cambridge University Press. Cambridge.

Leland T. Blank, Anthony J. Tarquin (2002) *Ingeniería Económica*, Ed. Mc Graw Hill, Cuarta Edición

Leleur, S. (1995). *Road Infrastructure Planning: a decision-oriented approach*. Polyteknisk Forlag.

Mackie, P.J., Nellthorp, J., Kiel, J., Schade, W., Nokkala, M. (2001). *IASON Project Assessment Baseline*. IASON (Integrated Appraisal of Spatial economic and network effects of transport investment and policies). Deliverable 1. 5th Framework RTD Programme. TNO Inro, Delft, Netherlands.

Maino, Valeria; (1984), *Desarrollo comercial del puerto de Valparaíso (1828-1837), influencia de su localización geográfica*. Revista de Marina Nº 2, Valparaíso

Malczewski J. y Ogryczak W., (2002) *Operations Research*, Departamento de Geografía de Canadá.

Martin A. (1958), *Piratas del Pacífico*. Lloyd Christopher. Drake, Corsario y Almirante, Madrid

Master Ingeniería Puertos y Costas (2004) Módulos Gestión Portuaria, Tomo I al IV, CEDEX, Madrid

Meletioui, M. (1983) *Gravel Beds for Stacking Containers Ports and Harbors*

Micco A., Pérez P. (2001): *Maritime Transport costs and port efficiency*, Interamerican Development Bank, Marzo

Munita R., Ponta E. (1999): *Diagnóstico del cabotaje y diseño y evaluación de un servicio de cabotaje de carga general*, Universidad de Santiago de Chile

Morandé, A., Lamas, V., (1995), *CHILE, PAÍS PUERTO.*, Editorial Lamas, Compañía Sudamericana de Vapores, CSAV.

Negro, V. (1989) *Isolíneas de realimentación y rellenado en playas sin marea: método de las envolventes para equilibrio morfodinámico en perfil transversal* 275 p. ETSI caminos, Canales y Puertos UPM, Madrid

Nijkamp, P. & Blaas, E. (1994). *Impact Assessment and Evaluation Transportation Planning*. The Netherlands.



ODEPLAN, (2001) *Evaluaciones de inversiones públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Chile*. 2001, Universidad de Chile. Santiago.

Ordenanza de Aduanas de la República de Chile. Informe Económico N° 21 Primer Trimestre de 1997, República Argentina. Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca, Argentina.

Paap, E., Roubos, A. (2005) *Report CT 4160 MSC-Project Container Terminal Porto of Lirquén*, TUDELFT Technische Universiteit Delft

Prado, J., Carrasco, J. (1989), *Las políticas de marketing y producción en la industria gallega*; A Coruña : Xunta de Galicia, Consellería de Economía e Facenda,. ISBN 84-404-3942-3

Pearce, D. W. & Nash, C.A. (1981). *The Social Appraisal of Projects: A text in Cost-Benefit Analysis*. Macmillan. Londres.

*Perspectivas de América Latina en el nuevo contexto internacional* (2001). (LC/L.-P), Mayo

Pery, P. (2003) *Determinación de la línea de atraque en los puertos españoles* 94 p. ETSI Caminos, Canales y Puertos, ETSI Navales y EUIT de Obras Públicas, Madrid

PIANC/IAPH - Approach Channels, A Guide for Design (1997)

Pires M. (2001): *Shipbuilding and shipping industries: net economic benefit cross-transfers*, Maritime Policy and Management, vol. 28, N°. 2, p. 157-174

Pizarro R. (2001) *La vulnerabilidad social y sus desafíos, una mirada desde América Latina*, (LC/L. 1490-P), Febrero, 2001.

*Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República* (D. S. 475 de 1994

*Proyecciones de América Latina y El Caribe*, 2003 (LC/L.1886-P).

Recomendaciones para Obras Marítimas, ROM 0.2-90, ROM 0.3-91, ROM 3.1-99, ROM 4.1-94, ROM 0.5-94, Puertos del Estado, Ministerio de Fomento, España

Rimmer, P. (1967). The search of spatial regularities in the development of Australian seaports 1861-1961, Geografiska Anuales.

Ríos, S., (1976), *Análisis de decisiones*, ICE.

Robusté, F. (1998). Principios de diseño de sistemas logísticos, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 89p.

Romero, C. (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio*. Isdefe, Ingeniería de Sistemas. Madrid.

Romero, C., (1993). *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones*, Madrid, Alianza Universidad Textos.

Rostov, W. (1960). *The stages of economic growth*. University Press, Cambridge.

- Rubiato, J. (1997). *La quinta libertad en el cono sur*, CEPAL, Boletín FAL 137, Octubre,
- Ryd, G. (2001). *Países Industrializados: Resumen de las proyecciones 2000-2001*, (LC/L.1519-P), Marzo
- Saaty, T. (1977). *A scaling method for priorities in hierarchical structures*. Journal of Mathematical Psychology
- Saaty, T. (1977). *The Analytic Hierarchy Process* The Sudan transport study. Interfaces
- Saaty, T. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York
- Saaty, T. (2000) software *Expert Choice*
- Saaty, T, Vargas L. (2000) *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Boston: Kluwer.
- Satterthwaite, D., (1987) *Las ciudades del tercer mundo y el medio ambiente de la pobreza*. (Grupo Editor Latinoamericano
- Sapag. J. (1996) *Formulación y evolución de proyectos de inversión*. Universidad de Chile, Chile
- Seminario de Naciones Unidas (1987); *Inversión en el Transporte Internacional*
- Sudgen, R. & Williams, A. (1978). *The principles of practical cost-benefit analysis*. Oxford University Press. Oxford.
- Sepúlveda, D. (2001) *Cabotaje en Chile, Mimeo, Viña del Mar*
- Sepúlveda, D. (2001): *Evolución legislativa del cabotaje en Chile*, Mimeo, Viña del Mar
- Taaffe, E., Morril, R. Y Gould, P. (1963). Transport expansion in underdeveloped countries: a comparative analysis, *The Geographical Review*
- Tavasszy, L. (2003). *SMILE: Strategic Model for Integrated Logistics and Evaluation*.
- Thomson J. (1999): *Las concesiones y la optimización del transporte vial y ferroviario*, Cepal 67, abril
- TRANS-TALK (2000). *The Theory and Practice of Evaluation*, Deliverable 2. 5º Programa Marco de la UE, Bruselas.
- TRANS-TALK (2001a). *Improving Evaluation Practices in Transport: Towards a Better Integration of Political and Technical Prospective*, workshop 30 may – 1 June, 2001, Brussels.
- TRANS-TALK (2001b). *Policy and Project Evaluation Methodologies*. Final Report. 5º Programa Marco de la UE, Bruselas.

Transporte y Economía de Transporte,(2004) *Manual de Logística Portuaria*, Universidad Politécnica de Madrid, Tomo 1

Turró, M. (1999). *Going trans-European. Planning and financing transport networks for Europe*, Pergamon, Elsevier Science, Oxford, 1999.

UNCTAD (1999), *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo*

UNCTAD Port Development (1979) *A Handbook for Planners in Developing Countries*.

UNCTAD *Port Marketing and Electric Data Exchange in Ports* UNCTAD.

UNCTAD *Manual on Port Management and Port Planning* UNCTAD.

UNCTAD (1985) *A handbook for planners in developing countries* Port Development - UNCTAD.

Unión Europea (2001): *Tercer informe sobre la aplicación del reglamento del consejo 3577/92 por el que se aplica el principio de libre prestación de servicios al cabotaje marítimo (1997-1998)*, Bruselas, Febrero Ficha Técnica 4.5.8, Bruselas,

UN ESCAP (1998) *Guidelines for Private Sector Participation in Ports*, UN ESCAP

UN ESCAP (1998) *Planning and Management of Modern Cargo Terminals*. UN ESCAP

Véliz, C. (1961); *Historia de la Marina Mercante de Chile*, Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Verlaque, Ch. (1975), *Géographie des transports maritimes*, Doin edit., Paris.

Vickerman, R. & Monnet, J. (2001). *Transport and Economic Growth. Assessing the Benefits of Transport*. ECMT/OECD, Paris.

Villaverde A. (1999): *Advocacy paper for the liberalization of the philippine cabotage principle*, Advocacy Paper, Www.Policy.Com.Ph, May  
Williams, I.N., Mackie, P.J., Tsamboulas, D. & Larkinson, J. (1998). *Assessing the socio-economic and spatial impacts of transport initiatives: the EUNET Project*.  
8th World Conference on Transport Research, Antwerp.

Zubieta J. (1978) *Teoría de los sistemas portuarios: aproximación al sistema español* Tesis Doctoral 652 h. ETSI Caminos, Canales y Puertos UPM, Madrid

**Entrevistas personas en siguientes empresas y organizaciones:**

Anselmo Internacional. Transportes  
Cámara de Comercio de Concepción, Chile.  
CEPAL  
Compañía de Acero del Pacífico S.A.  
Compañía Portuaria Lirquén S.A.  
COSAN, Transporte Internacional.  
Compañía de Seguros Chilena Consolidada  
Compañía de Seguros AXA.  
DIRECTEMAR  
Ferrocarriles del Pacífico S.A. Chile, FEPASA  
Gobierno Regional de Concepción  
Ilustre Municipalidad de Coronel  
Ilustre Municipalidad de Penco  
Ilustre Municipalidad de Concepción  
Ilustre Municipalidad de Hualpén  
Ilustre Municipalidad de Talcahuano  
Ilustre Municipalidad de Lota  
Inmobiliaria Valmar S.A.  
Maestranzas y Astilleros de la Armada de Chile  
Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones  
Puerto de Coronel S.A.  
Puerto de Lirquén S.A.  
Porturia Talcahuano y San Vicente.  
SVTI San Vicente  
Transporte REYMAR Ltda.  
Transportes Inocentti Ltda.

**Otras Fuentes en sitios WEB**

PROCHILE Organismo Subordinado del Ministerio de Relaciones Exteriores  
<http://www.prochile.cl>

Banco Central de Chile  
<http://www.bcentral.cl>

Instituto Nacional de Estadísticas, INE  
<http://www.ine.cl>

Ministerio de Economía  
<http://www.minecom.cl>

Comité de Inversiones Extranjeras  
[cinver@tmm.cl](mailto:cinver@tmm.cl)

SOFOFA Sociedad de Fomento Fabril  
<http://www.sff.cl>

Servicio de Impuestos Internos  
<http://www.sii.cl>

Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

<http://www.minecom.cl>

Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR)

<http://www.sernatur.cl>

Ministerio de Obras Públicas (MOP)

<http://www.mop.cl>

Política de Desarrollo y Fomento CORFO - Corporación de Fomento de la Producción Organismo dependiente del Ministerio de Economía

<http://www.corfo.cl>

Conama

<http://www.conama.cl/>

*Transporte*

*Marítimo,*

Bruselas,

<Http://Europa.Eu.Int/Scadplus/Leg/Es/Lvb/L24065.Htm>

Informes regionales TodoChile

[www.todochile.cl](http://www.todochile.cl)

SHOA Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

[www.shoa.cl](http://www.shoa.cl)

CONA Comité Oceanográfico Nacional de Chile

INACH Instituto Nacional Antártico Chileno //Olas de Chile

SNIT Servicio Nacional de Información Territorial

Subtel

<http://www.mtt.cl/>

Comité de inversiones extranjeras

[cinver@tmm.cl](mailto:cinver@tmm.cl)

Directemar

[www.directemar.cl](http://www.directemar.cl)

Aduanas

[www.aduanas.cl](http://www.aduanas.cl)

Transporte Marítimo CEPAL Jan Hoffman

Datos disponibles en CEPAL (2001)

[www.eclac.cl/transporte/perfil](http://www.eclac.cl/transporte/perfil)

Subscripción en containerization international

[www.ci-online.co.uk](http://www.ci-online.co.uk),

Sobre servicios de línea, dri-wefa

[www.dri-wefa.com](http://www.dri-wefa.com)

Sobre comercio contenedorizado y fairplay

[www.fairplay.co.uk](http://www.fairplay.co.uk),

Sobre la flota mercante. Para estadísticas de comercio, Giacomex S.A.  
[giacomex@vtr.net](mailto:giacomex@vtr.net)

Lexus/Nexus  
[www.lexusnexus.com](http://www.lexusnexus.com)

Sobre comercio marítimo exterior de Chile y la BASE Transporte Internacional  
BTI de la CEPAL  
[bti@eclac.cl](mailto:bti@eclac.cl)

Estudios del cabotaje en Chile, Sepúlveda (2001) Munita et. Al. (1999).  
[bti@eclac.cl](mailto:bti@eclac.cl)

Hoffmann (2000a), Pires (2001), Rubiato (1997), Transporte Internacional  
[www.eclac.cl/transporte/perfil/cap3tranmar.asp](http://www.eclac.cl/transporte/perfil/cap3tranmar.asp).

Cepal (2001): Perfil Marítimo de América Latina y el Caribe, lc/w.001, Santiago,  
[www.eclac.cl/transporte/perfil](http://www.eclac.cl/transporte/perfil)

Dyner liners (2001): dyner liners 25, 22 junio 2001, Alkmaar, Países Bajos

Hoffmann J. (1999): Concentración en los servicios de líneas regulares: causas  
del proceso y sus efectos sobre el funcionamiento de los puertos y de los  
servicio de transporte marítimo de las regiones en desarrollo, CEPAL lc/l.1169,  
Santiago de Chile.  
[www.eclac.cl/publicaciones/secretariaejecutiva/0/lcg2060/hoffmann.pdf](http://www.eclac.cl/publicaciones/secretariaejecutiva/0/lcg2060/hoffmann.pdf)

El potencial de puertos pivotes en la costa del pacífico sudamericano, CEPAL  
71, agosto,  
[www.eclac.cl/publicaciones/secretariaejecutiva/0/lcg2060/hoffmann.pdf](http://www.eclac.cl/publicaciones/secretariaejecutiva/0/lcg2060/hoffmann.pdf)

Servicio de cabotaje de carga general, Universidad de Santiago de Chile  
[muso@entelchile.net](mailto:muso@entelchile.net)

Rubito J. (1997): La quinta libertad en el cono sur, CEPAL, boletín fal 137,  
octubre,  
[www.eclac.cl/transporte/noticias/bolfall/4/4994/bol137.htm](http://www.eclac.cl/transporte/noticias/bolfall/4/4994/bol137.htm)

Sepúlveda D. (2001): Evolución legislativa del cabotaje en Chile, Mimeo, Viña del  
Mar,  
[dsepulveda@bbs.imaginativa.cl](mailto:dsepulveda@bbs.imaginativa.cl)

IAPH Website:  
<http://www.iaphworldports.org>

Saaty Expert Choice  
[www.expertchoice.com/testimonials/default.htm](http://www.expertchoice.com/testimonials/default.htm)

Puertos del Estado  
[www.puertos.es](http://www.puertos.es)

# **ANEXO 1**

## **CLIMA MARÍTIMO**

### **A1.1.- DATOS DE VIENTOS, OLEAJE Y MAREA**





Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén**VIENTOS TALCAHUANO**

RANGO		OCURRENCIA	OCURRENCIA	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD
(NUDOS)		(CASOS.)	PORCENTAJE	ACUMULADA	EXCEDENCIA
1.01	4.92	1902	17.727650	0.177277	0.822723
4.93	8.85	2770	25.817880	0.435455	0.564545
8.86	12.77	2444	22.779380	0.663249	0.336751
12.78	16.69	1497	13.952840	0.802778	0.197222
16.70	20.62	1494	13.924880	0.942026	0.057973
20.63	24.54	347	3.234225	0.974369	0.025631
24.55	28.46	140	1.304875	0.987417	0.012582
28.47	32.38	77	0.717681	0.994594	0.005405
32.39	36.31	31	0.288937	0.997483	0.002516
36.32	40.23	21	0.195731	0.999441	0.000559
40.24	44.15	2	0.018641	0.999627	0.000372
44.16	48.08	3	0.027962	0.999907	0.000093
48.09	52.00	1	0.009321	1.000000	0.000000
TOTALES		10729	100.000000		

En la tabla precedente se presentan las probabilidades de excedencia y probabilidades acumuladas para cada uno de los rangos de muestreo. A partir de esta información se realizó una regresión lineal entre el logaritmo de la velocidad del viento y el logaritmo del logaritmo del inverso de la probabilidad de excedencia, la que ha resultado ser:

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén

## ANALISIS DE REGRESION

Ln (V)	Ln Ln (1/pex)
1.59393	-0.55980
2.17998	0.08472
2.54704	0.48454
2.81495	1.04653
3.02604	1.29854
3.20024	1.47600
3.34855	1.65255
3.47768	1.78923
3.59203	2.01434
3.69463	2.06615
3.78768	2.22792

```

Pendiente = 1.29509
Intercepto = -2.68163
r² = 0.99507

```

Siendo los coeficientes de Weibull los siguientes:

$$\alpha = 0.06845176 \quad y \quad \beta = 1.295959$$

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén

De lo que se desprenden los siguientes períodos de retorno de Vientos Máximos:

T (años)	V (nudos)
1	38.56
3	42.71
5	44.60
10	47.13
20	49.62
30	51.06
50	52.86
=====	

## NUMERO DE CASOS DURANTE UNA DECADA

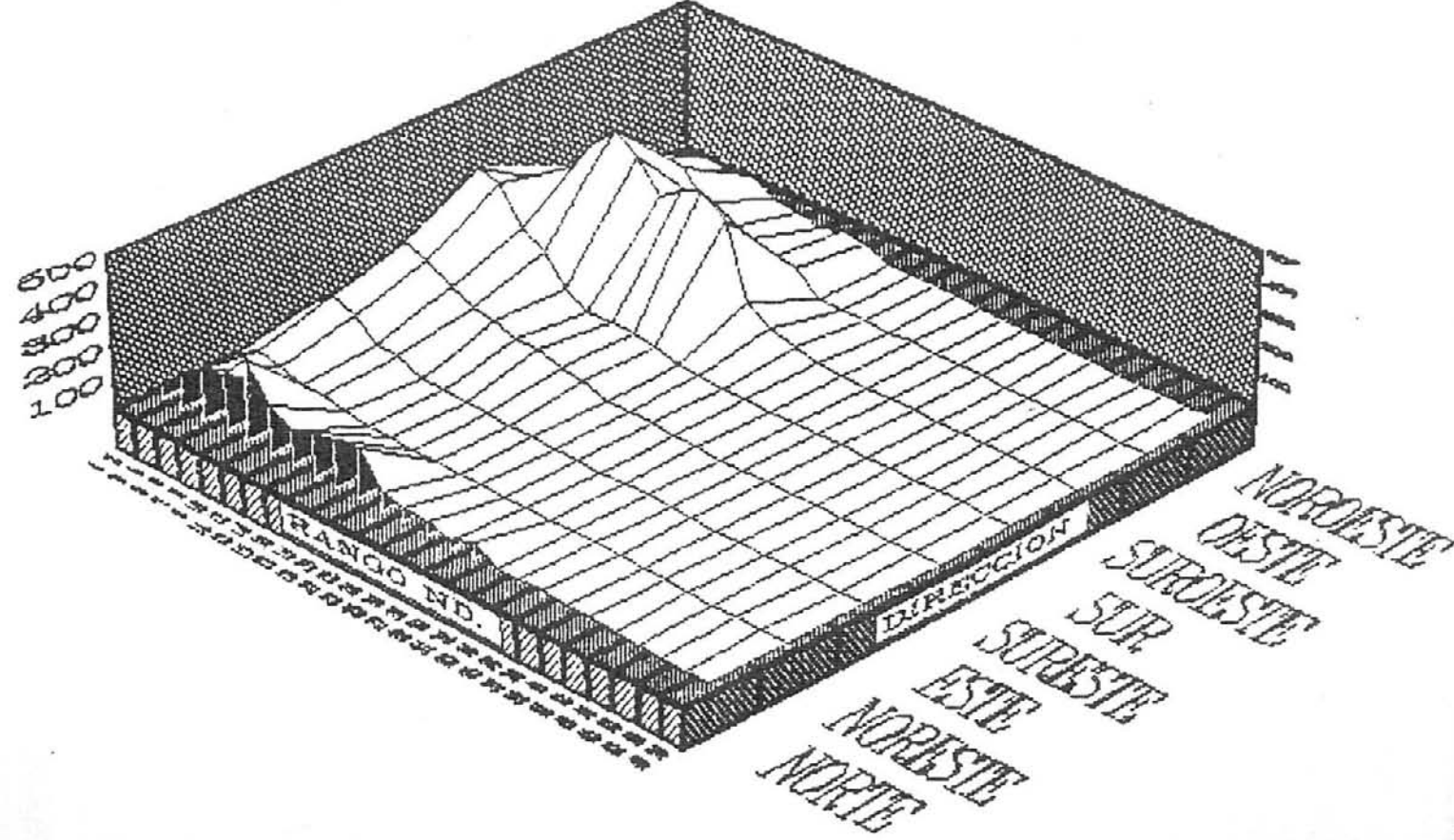


TABLA DE INCIDENCIA DE VIENTOS  
TOTAL DIEZ AÑOS

RANGO ND.	NORTE	NORESTE	ESTE	SURESTE	SUR	SUROESTE	OESTE	NOROESTE	TOTAL
1 2	38	32	86	81	149	60	67	30	543
3 4	107	71	141	217	352	202	190	79	1357
5 6	160	61	111	191	329	279	206	110	1447
7 8	184	36	54	133	218	391	207	100	1323
9 10	261	38	47	98	172	467	244	109	1436
11 12	153	22	13	92	79	413	168	68	1008
13 14	113	7	10	61	37	317	108	55	708
15 16	137	10	6	68	37	374	114	43	789
17 18	150	8	8	42	43	401	85	61	798
19 20	158	5	5	31	33	340	75	49	696
21 22	62	3	0	4	10	103	10	14	206
23 24	48	3	1	7	7	53	9	13	141
25 26	40	2	0	3	3	30	7	10	95
27 28	24	0	0	0	3	12	0	6	45
29 30	51	1	0	2	0	8	4	5	71
31 32	4	1	0	0	0	0	0	1	6
33 34	12	0	0	0	0	0	0	0	12
35 36	15	0	0	0	0	1	0	3	19
37 38	9	0	0	0	0	0	0	1	10
39 40	10	0	0	0	0	0	0	1	11
41 42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43 44	1	1	0	0	0	0	0	0	2
45 46	2	1	0	0	0	0	0	0	3
47 48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49 50	1	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	1740	302	492	1030	1472	3451	1494	758	10729

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén**5. OLAS**

Se presenta a continuación un estudio de olas, de acuerdo a los requerimientos técnicos, lo suficientemente amplio como para determinar la ola de diseño en el sector.

**5.1. GENERALIDADES**

El régimen de olas de la costa chilena, está fuertemente definido por dos situaciones meteorológicas distintas, cuales son:

- \* El Anticiclón Permanente del Pacífico.
- \* Los centros de bajas presiones.

El Anticiclón Permanente del Pacífico, situado normalmente en latitudes más bajas que la de Lirquén, produce vientos de alta constancia que rotan en sentido antihorario, provocando en la costa de Chile los clásicos vientos de verano provenientes del Sur y Surwester. Estos vientos son frecuentes durante las estaciones de Verano y Primavera.

El Anticiclón Permanente del Pacífico se comporta como una cuña de Alta presión que, en alguna medida, entre los centros de bajas presiones y el centro de alta presión, produce el bloqueo de los centros de bajas presiones que se desplazan de weste a este a lo largo del Océano Pacífico.

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén

Los centros de bajas presiones se caracterizan por vientos que, rotando en sentido horario, producen los temporales de la zona Centro y Sur del País. Su manifestación normal se traduce en vientos de la dirección general norweste.

De esta forma, las condiciones de oleaje de la costa chilena, quedan determinadas por la interacción entre los dos fenómenos indicados, los que caracterizan los climas de olas de invierno y Verano.

Puntualmente, Lirquén se encuentra en una ubicación singular, dado que por el norte se encuentra abierto pero con una boca muy estrecha, en tanto que por el sur y surweste, se encuentra protegido.

En general, las distancias son suficientes como para conformar fetch o distancias generadoras de olas producidas por el viento local, que afecten en forma más o menos importante al régimen de olas del sector. Este análisis se realiza más adelante.

## **5.2. CONDICIONES PARTICULARES DEL AREA**

En el presente informe se analizan las dos situaciones, por una parte las condiciones de tormentas en mar abierto que corresponden a los máximos temporales anuales, y para lo cual se ha compilado la información de 9 años de datos de cartas meteorológicas, y por otro, en base a las condiciones de olas locales.

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén

Se han obviado los diagramas de refracción, dado que la posición de Lirquén permite, como ya quedara dicho anteriormente, una muy buena protección de las olas provenientes del norte, y por otra parte, para el caso de las olas generadas localmente, la refracción produce una atenuación prácticamente nula, por lo que se la ha considerado igual a la unidad para el caso de las olas máximas. En el caso de las olas del norte y norweste, se asume el valor de Hooke, 0.30(-) para condiciones de protección semicontinua.

**5.3. CONDICIONES MAXIMAS Y EXTRAPOLACION**

Utilizando la información meteorológica proporcionada por las cartas meteorológicas (sinópticas) que genera la Oficina Meteorológica de Chile, se realizó un Hindcasting (método de predicción de altura y periodos diferido de olas), el que permite inferir las características de las olas de un sector dado para una época dada.

En base al análisis de Hindcasting, se obtuvo las máximas alturas de olas mensuales que se presentan a continuación en la tabla denominada "Máximas Alturas Significativas Mensuales", así como los datos que se presentan en la tabla "Periodos Significativos de Ola Máxima Mensual".



Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén**MAXIMAS ALTURAS SIGNIFICATIVAS MENSUALES**

(Alturas en pies)

	1969	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
ENE	2.0	5.3	2.0	1.0	8.5	3.0	2.0	3.5	2.0
FEB	3.0	5.0	1.0	3.5	1.0	9.0	3.5	1.0	5.5
MAR	3.5	3.5	2.0	2.4	2.0	3.0	2.0	2.0	1.0
ABR	5.5	8.0	1.0	5.5	1.0	9.0	1.0	2.5	1.0
MAY	11.0	6.0	8.0	11.0	9.0	8.0	17.0	6.0	7.0
JUN	11.0	9.0	15.0	8.5	14.0	13.0	12.0	6.0	8.0
JUL	5.8	8.5	11.0	6.0	8.5	11.0	9.0	15.0	10.0
AGO	3.0	6.5	21.0	5.5	3.5	5.5	6.0	7.0	3.5
SEP	3.0	9.0	11.0	3.6	7.0	2.0	10.0	5.0	3.5
OCT	5.0	5.5	4.0	6.0	5.8	3.0	8.5	8.0	5.0
NOV	5.0	1.5	6.0	1.0	3.7	3.0	3.5	5.0	6.5
DIC	3.6	5.5	3.6	2.0	2.7	2.0	3.6	3.0	2.0

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén**PERIODO SIGNIFICATIVO DE OLAS MAXIMAS MENSUALES**

(Períodos en segundos)

	1969	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
ENE	5.5	8.5	5.1	4.2	10.9	6.8	5.1	6.8	4.7
FEB	6.4	8.5	4.2	7.2	4.2	11.8	6.8	4.2	8.5
MAR	5.2	7.2	5.1	5.7	5.1	6.8	4.6	5.1	4.2
ABR	8.6	10.1	4.2	8.5	4.2	10.9	4.2	5.9	4.2
MAY	12.4	9.2	10.1	12.6	11.3	10.1	15.2	9.0	10.4
JUN	12.4	11.3	14.3	10.9	14.3	13.5	12.6	9.2	11.9
JUL	9.0	10.9	12.6	9.2	10.8	12.6	11.6	14.3	11.8
AGO	6.2	9.6	16.1	8.5	7.3	8.5	9.2	10.0	6.8
SEP	6.8	11.4	12.6	7.2	9.8	5.1	11.8	8.5	7.2
OCT	8.5	8.5	7.5	9.2	9.0	6.8	10.9	10.1	8.5
NOV	8.5	4.2	9.2	4.2	7.3	6.4	6.8	8.5	9.8
DIC	7.3	8.5	7.3	5.6	6.1	4.6	7.3	6.8	5.1

OLAS

CICLO S.A. ING. MARITIMA

PAGINA 50

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén

Por otra parte, de la medición de datos in-situ en el área sur (Zona comprendida entre Concepción y Corral), se han obtenido las siguientes relaciones empíricas entre los diversos parámetros de alturas de olas:

$$H_{sig.} = 0.0672 + 1.5228 H_{med.}$$

$$r^2 = 0.9834$$

$$H_{sig.} = 0.0131 + 0.7964 H_{(10)}$$

$$r^2 = 0.9825$$

$$H_{sig.} = 0.1108 + 0.6447 H_{max.}$$

$$r^2 = 0.9177$$

A partir de estas ecuaciones, y con la información precedentemente mostrada, se han obtenido las diversas tablas para las alturas significativa, máxima, décimo mayor y media:

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén**MAXIMAS ALTURAS MEDIAS MENSUALES**

(Alturas en pies)

	1969	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
ENE	1.3	3.4	1.3	0.6	5.5	1.9	1.3	2.3	1.3
FEB	1.9	3.2	0.6	2.3	0.6	5.9	2.3	0.6	3.6
MAR	2.3	2.3	1.3	1.5	1.3	1.9	1.3	1.3	0.6
ABR	3.6	5.2	0.6	3.6	0.6	5.9	0.6	1.6	0.6
MAY	7.2	3.9	5.2	7.2	5.9	5.2	11.1	3.9	4.6
JUN	7.2	5.9	9.8	5.6	9.1	8.5	7.8	3.9	5.2
JUL	3.8	5.5	7.2	3.9	5.5	7.2	5.9	9.8	6.5
AGO	1.9	4.2	13.7	3.6	2.3	3.6	3.9	4.6	2.3
SEP	1.9	5.9	7.2	2.3	4.6	1.3	6.5	3.2	2.3
OCT	3.2	3.6	2.6	3.9	3.8	1.9	5.5	5.2	3.2
NOV	3.2	0.9	3.9	0.6	2.4	1.9	2.3	3.2	4.2
DIC	2.3	3.6	2.3	1.3	1.7	1.3	2.3	1.9	1.3

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén**MAXIMAS ALTURAS DECIMO MAYOR MENSUALES**

(Alturas en pies)

	1969	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
ENE	2.5	6.6	2.5	1.2	10.7	3.8	2.5	4.4	2.5
FEB	3.8	6.3	1.2	4.4	1.2	11.3	4.4	1.2	6.9
MAR	4.4	4.4	2.5	3.0	2.5	3.8	2.5	2.5	1.2
ABR	6.9	10.0	1.2	6.9	1.2	11.3	1.2	3.1	1.2
MAY	13.8	7.5	10.0	13.8	11.3	10.0	21.3	7.5	8.8
JUN	13.8	11.3	18.8	10.7	17.6	16.3	15.1	7.5	10.0
JUL	7.3	10.7	13.8	7.5	10.7	13.8	11.3	18.8	12.5
AGO	3.8	8.1	26.4	6.9	4.4	6.9	7.5	8.8	4.4
SEP	3.8	11.3	13.8	4.5	8.8	2.5	12.5	6.3	4.4
OCT	6.3	6.9	5.0	7.5	7.3	3.8	10.7	10.0	6.3
NOV	6.3	1.9	7.5	1.2	4.6	3.8	4.4	6.3	8.1
DIC	4.5	6.9	4.5	2.5	3.4	2.5	4.5	3.8	2.5

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén**MAXIMAS ALTURAS MENSUALES**

(Alturas en pies)

	1969	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
ENE	2.9	8.0	2.9	1.4	13.0	4.5	2.9	5.3	2.9
FEB	4.5	7.6	1.4	5.3	1.4	13.8	5.3	1.4	8.4
MAR	5.3	5.3	2.9	3.6	2.9	4.5	2.9	2.9	1.4
ABR	8.4	12.2	1.4	8.4	1.4	13.8	1.4	3.7	1.4
MAY	16.9	9.1	12.2	16.9	13.8	12.2	26.2	9.1	10.7
JUN	16.9	13.8	23.1	13.1	21.5	20.0	18.4	9.1	12.2
JUL	8.8	13.0	16.9	9.1	13.0	16.9	13.8	23.1	15.3
AGO	4.5	9.9	32.4	8.4	5.3	8.4	9.1	10.7	5.3
SEP	4.5	13.8	16.9	5.4	10.7	2.9	15.3	7.6	5.3
OCT	7.6	8.4	6.0	9.1	8.8	4.5	13.0	12.2	7.6
NOV	7.6	2.2	9.1	1.4	5.6	4.5	5.3	7.6	9.9
DIC	5.4	8.4	5.4	2.9	4.0	2.9	5.4	4.5	2.9

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén

Analizando la información de alturas significativas, y ordenando esta información en orden decreciente con el objeto de determinar la probabilidad acumulada de cada uno de los eventos máximos significativos anuales, se tiene:

Probabilidad Acumulada (%)	H sig. (pies)
88.89	21
77.78	17
66.67	15
55.56	14
44.45	13
22.23	11
11.12	10
00.00	9

Utilizando la expresión de Weibull para extrapolación de valores extremos, la que corresponde a:

$$\ln \ln (1-p(x-X)^{-1}) = C \ln (H - A) - c \ln B$$

Se valoró el coeficiente A por iteración, obteniéndose el mejor coeficiente de correlación para A=8.0 (p), resultando r=0.995, valor adecuado para determinar con confiabilidad la extrapolación.

Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén

Los valores de la recta de regresión resultaron ser:

$$C = 1.6 \quad ; \quad B = 7.16$$

La distribución Weibull para el presente caso, resultó ser:

$$Ps(Hs) = 1 - \exp \left( - \left( (Hs-8)/7.16 \right)^{1.16} \right)$$

Generándose en consecuencia, los siguientes períodos de retorno para alturas máximas de ola significativa en agua profunda:

T (años)	Hs (pies)
20	22.16
50	24.72
100	26.52

Los datos ya mostrados indican la fuerte tendencia a la manifestación de las alturas mayores en los meses de invierno, lo que es caracterizado, como ya ha quedado dicho, por olas y vientos provenientes del norte y norweste. Esta situación permite que la inferencia de las alturas máximas individuales sea posible con la utilización del coeficiente de refracción ya indicado de 0.30 (-). Tomando el caso de la ola significativa de 50 años, y aplicándole la ecuación que relaciona a la altura significativa y la altura máxima,



Informe Oceanográfico, Batimétrico y Mecánica de Suelos Puerto Lirquén

así como el coeficiente de 0.30, se obtiene la máxima altura de ola en el sector costero de interés, la que resulta ser:

$$H_{max} (50 \text{ años}) = 0.30 * (H_{sig}(50) - 0.1108) / 0.6647$$

$$= 11.45 \text{ pies} = 3.5 \text{ metros}$$

Aplicando el coeficiente de reducción de fondo para la zona de de interés a la profundidad crítica de rompiente (3 mts.) se tiene:

$$H_{max} (50 \text{ años}) = 3.5 \times 1.22 = 4.27 \text{ mts.}, \text{ se sugiere } 4.5 \text{ mts.}$$

$$H_{sig} \text{ Max} = 2.22 \text{ mts.}, \text{ se sugiere } 2.5 \text{ mts.}$$

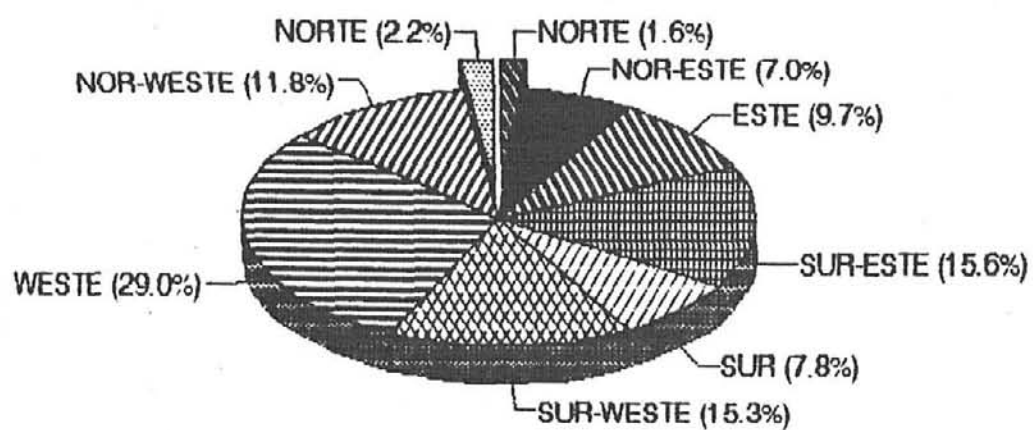


### ANÁLISIS DE CORRIENTES

PORCENTAJE DIRECCIONAL

REFERIDO AL NORTE GEOGRÁFICO

LOCALIDAD DE URQUEN





Ingeniería Marítima  
Oceanografía  
Impacto Ambiental

9 Norte 555 - Of. 202  
Viña del Mar - Chile  
Fono 901997 901998 - Fax 901999

Proyecto: PUERTO DE LIRQUEN

Materia : CORRIENTES

Usuario : CIA. PUERTO DE LIRQUEN

Autor : ALFONSO CAMPUSANO

Fecha: 03/92

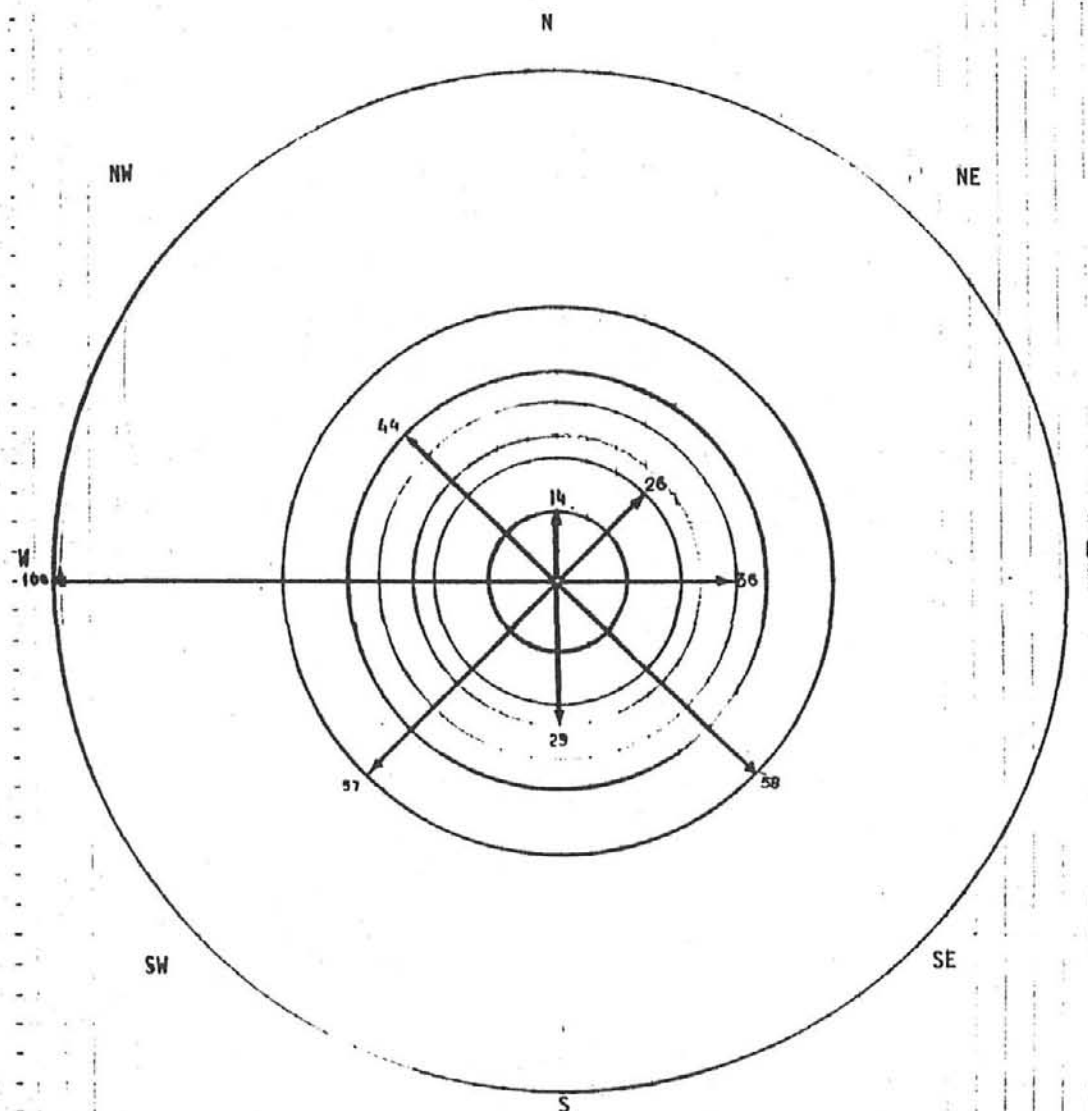
Doc Nº:

Hoja 1 de 1

Rev.: Fecha

Por:

Aprobó:



ROSA DE CORRIENTES - LIRQUEN  
NUMERO DE CASOS POR DIRECCION



## Waves and Currents

### WAVES

Various studies to waves have been carried out in the Concepción region. The available studies and their outcome are listed below:

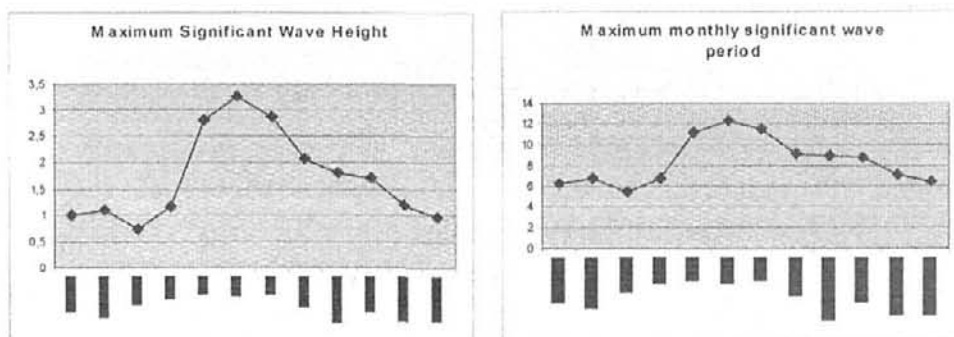
- 1) Measurements of the wave heights during August and September 1994 outside the bay (Wave Rider) and in the vicinity of the port of Lirquén (Mocep)<sup>11</sup>.

The results are:

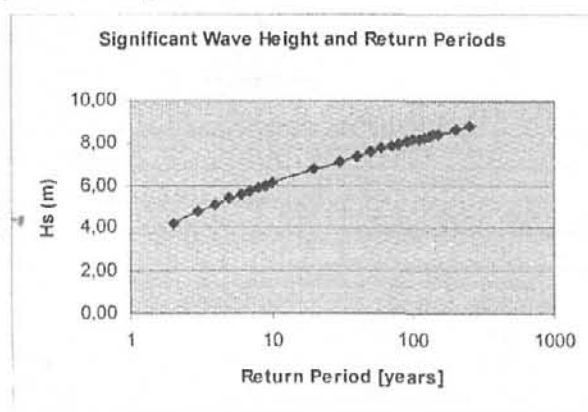
RESULTS	$H_{1\%}$	$H_s$	$T_p$
Mocep	0,98m	0,56m	12s
Wave Rider	8,2m (measured)	4,9m	12s
Attenuation	88%	88%	0%

- 2) Wave heights outside the bay, calculated with Hindcasting method<sup>12</sup>, using 10 years of wind speed measurements. The results are presented per month and extrapolated by fitting a Weibull distribution

The results are:



Extrapolating the significant wave height gives the following  $T_p$  and  $H_s$  for a return period of 50 year:



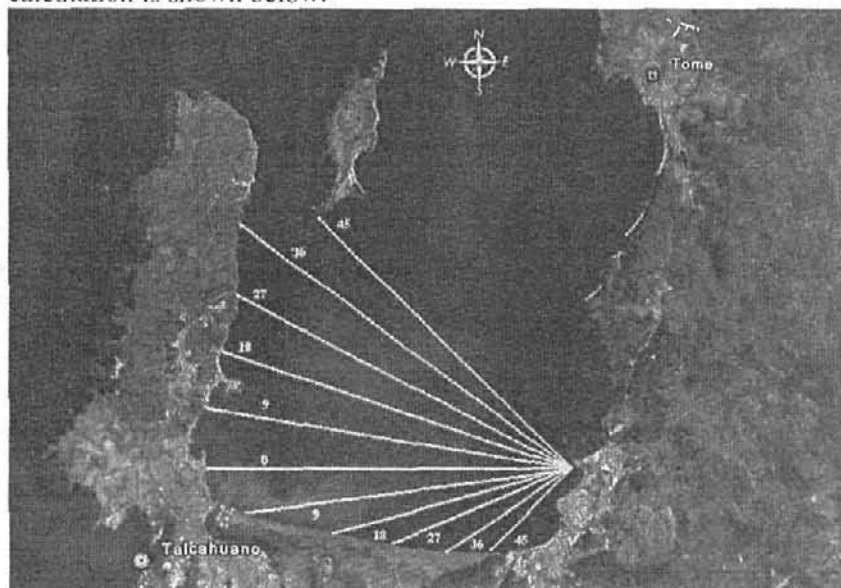
<sup>11</sup> Source of information: Estudio de olas en el Puerto de Lirquén (1994)

<sup>12</sup> Source of information: Informe oceanográfico y batimétrico TOMO I (April 1992)



The effective fetch can be determined by Saville's method, which is only allowed when using the SMB wave prediction formulae.

The effective fetch, seen from the location of the expansion is calculated for northern, north-western, western and south-western winds. For the fetch in west direction the calculation is shown below:



Direction	$\alpha$	$\cos \alpha$	$x_i$	$x_i * \cos \alpha$
Southwest	45	0,707	4,06	2,87
	36	0,809	4,97	4,02
	27	0,891	5,90	5,26
	18	0,951	7,37	7,01
	9	0,988	10,50	10,37
West	0	1,000	10,87	10,87
	9	0,988	10,87	10,74
	18	0,951	10,68	10,16
	27	0,891	11,04	9,83
	36	0,809	11,22	9,08
Northwest	45	0,707	10,13	7,16
		$\Sigma = 9,692$		$\Sigma = 87,37$

$$\text{Effective fetch} = \frac{87,37}{9,692} = 9,01 \text{ km}$$

In this way all effective fetches can be calculated. In below table the effective fetch, average depth, wind speed and resulting significant wave height and period is summarized for all important directions. The relation between  $T_s$  and  $T_p$  is normally:

$$\frac{T_s}{T_p} = 0,90 - 0,96. \text{ Here a factor of } 0,93 \text{ is used.}$$



Direction	Wind speed	Fetch length [m]	Depth	Hs	Ts	Tp
North	26,21	9440	22	1,84	4,58	4,93
Northwest	20,34	11860	22	1,52	4,26	4,58
West	15,32	9010	22	0,99	3,54	3,80
Southwest	14,59	4880	22	0,73	3,05	3,28

For all directions the average depth of the Concepción Bay is assumed (22m).

The question is what measurements and what methods are most reliable. Of course the real wave measurements have a big advantage with methods which predict wave heights and periods by use of wind data. For every study/measurements comments are made about the reliability.

1) Wave measurements outside the Bay and at the port of Lirquén (Wave Rider and Mocep)

- Advantage: Measurements of real wave heights and periods at 2 specific locations. The average attenuation of waves, entering the bay, is known.
- Disadvantage: The measurements are only for 2 months, so to short to extrapolate to 50 years. The measured period is August-September, end winter-autumn. So, as can be seen from figure XXX, the maximum wave heights and periods occur during June. On average the wave heights in August are about 60% of the height in June, and for wave periods this is 75%.

2) Waves calculated with Hindcasting method, using 10 years of wind data.

- Advantage: High amount of data (10 years)
- Disadvantage: The predicted waves are outside the Bay. The reliability of the Hindcasting method

3) Waves measured nearby San Vicente

- Advantage: Measurements of real wave heights
- Disadvantage: Waves are measured during end spring and summer, so not the most unfavourable conditions occurred. Moreover the measurements were only for 3 months. This study is carried out at open sea.

4) Waves predicted with Sverdrup-Munk-Brettschneider (SMB)

- Advantage: The high amount of available wind data The predicted waves are at the desired location (the expansion area)
- Disadvantage: The reliability of this method This approach does not take into account what happens outside the Bay.



### Choice about the design wave height and period

Every described study has a big disadvantage. Combining the advantages of certain methods can probably give reliable results. This leads to the next idea.

Method 1, the real wave measurements inside and outside the Bay, can not be used to determine the significant wave height at the location of Lirquén because the measurements are done only during 2 months, with less unfavourable conditions. The only figure derived from this study, which can be used, is the average attenuation (88%).

Method 2 (Hindcasting method) gives wave heights outside the Bay, so cannot be used directly for the design wave at Lirquén.

Combining the average attenuation with the significant wave height (with return period 50 year) extrapolated with method 2, gives a significant wave height at the position of the expansion area.

The resulting wave height and period (which is not influenced by shoaling) is:

$$H_{s,Lirquen,1/50} = H_{s,outside,1/50} \times \text{Attenuation} = 7,56 \times (1 - 0,88) = 0,91m$$

$$T_{p,Lirquen} = T_{p,outside} = 12s$$

This value seems rather low. The reason is that above method does not take into account what happens inside the Bay. It is true that the measured attenuation is the real attenuation of a wave, entering the bay, influenced by the winds, local bathymetry etc, so actually does take into account what happens inside the Bay. But the attenuation is calculated which quite low wave heights, and the attenuation of the highest waves which is also given, is based on predicted (with Hindcasting) wave heights outside the Bay. This was done because during this storm the measuring device failed. So, for the purpose of a design storm where (swell) waves enter the bay and where strong winds cause rather high additional waves inside the bay, the attenuation cannot be used.

Another possibility which is described above is the use of the SMB-formula. The resulting wave heights are quite high and the applicability of this method in this particular situation (complex bathymetry, open fetch to the north, etc) is discussable. On the other hand the predicted waves are only waves which are created by wind over a fetch which is limited within the Bay. In fact these waves have to be summed up with waves entering from the north. But, because all studies and calculations indicate a lower significant wave height, the significant wave height with a return period of 50 years, predicted with SMB is used as the normative height. The corresponding peak period is also used.

Direction	Hs	Tp
North	1,84	4,93
Northwest	1,52	4,58
West	0,99	3,80
Southwest	0,73	3,28

The significant wave height calculated with Hindcasting had a corresponding peak period of 12s, while above wind waves has much smaller peak periods (max. 5s). For calculations regarding wave run-up and the required diameter of the stones for the protection, the last combination of wave height and peak period is normative, (so  $H_s=1,84$  and  $T_p=4,93s$ )



**TALCAHUANO-CHILE 2003**

HORAS DE PLEAMAR (P) Y BAJAMAR (B)

EL TIEMPO EMPLEADO CORRESPONDE AL MERIDIANO 60° W - ZONA +4 HORAS

Advertencia a los usuarios: deben efectuarse las correcciones de hora cuando corresponda entre el segundo sábado de octubre hasta el segundo sábado de marzo. (en horario de verano deberá sumarse una hora a la hora indicada en el cuadro). Los valores de este cuadro se entregan solamente como referencia, siendo la Publicación SHOA N° 3.009 "Tablas de Marea de la Costa de Chile" el documento oficial desde el cual debe obtenerse la información de hora y altura de la marea para cada localidad.

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	349 B 936 P 1514 B 2153 P	513 B 1105 P 1642 B 2313 P	418 B 1014 P 1554 B 2219 P	443 B 1048 P 1652 B 2258 P	427 B 1047 P 1710 B 2301 P	446 B 1123 P 1809 B 2352 P	506 B 1144 P 1833 B	36 P 619 B 1243 P 1920 B	130 P 738 B 1341 P 1958 B	156 P 840 B 1425 P 2011 B	406 P 1129 B 1740 P 2250 B	451 P 1151 B 1810 P 2350 B
2	439 B 1028 P 1601 B 2240 P	550 B 1141 P 1722 B 2349 P	450 B 1046 P 1632 B 2253 P	508 B 1116 P 1725 B 2327 P	452 B 1115 P 1743 B 2331 P	518 B 1157 P 1848 B	21 P 546 B 1222 P 1912 B	116 P 703 B 1323 P 1959 B	220 P 839 B 1433 P 2043 B	301 P 1011 B 1601 P 2120 B	530 P 1240 B 1852 P	600 P 1244 B 1905 P
3	525 B 1115 P 1647 B 2324 P	625 B 1216 P 1800 B	520 B 1116 P 1708 B 2325 P	533 B 1144 P 1757 B 2355 P	517 B 1144 P 1818 B	31 P 552 B 1233 P 1932 B	102 P 629 B 1302 P 1954 B	201 P 751 B 1406 P 2040 B	322 P 1003 B 1547 P 2140 B	423 P 1152 B 1751 P 2257 B	21 B 643 P 1332 B 1944 P	105 B 700 P 1327 B 1951 P
4	610 B 1200 P 1732 B	24 P 659 B 1252 P 1837 B	549 B 1146 P 1742 B 2356 P	558 B 1212 P 1831 B	2 P 543 B 1215 P 1857 B	115 P 632 B 1314 P 2020 B	146 P 715 B 1345 P 2038 B	252 P 849 B 1455 P 2125 B	438 P 1151 B 1733 P 2300 B	552 P 1313 B 1917 P	129 B 740 P 1412 B 2023 P	205 B 752 P 1404 B 2029 P
5	7 P 653 B 1243 P 1816 B	57 P 732 B 1328 P 1914 B	617 B 1217 P 1815 B	24 P 622 B 1242 P 1907 B	36 P 610 B 1248 P 1941 B	209 P 719 B 1400 P 2115 B	236 P 806 B 1432 P 2125 B	353 P 1003 B 1558 P 2218 B	602 P 1325 B 1912 P	34 B 710 P 1408 B 2012 P	221 B 825 P 1445 B 2057 P	253 B 836 P 1436 B 2103 P
6	48 P 736 B 1327 P 1859 B	130 P 806 B 1408 P 1954 B	25 P 644 B 1247 P 1849 B	53 P 645 B 1313 P 1950 B	117 P 640 B 1326 P 2036 B	314 P 816 B 1454 P 2211 B	333 P 905 B 1526 P 2214 B	501 P 1139 B 1721 P 2321 B	30 B 721 P 1429 B 2023 P	144 B 809 P 1449 B 2051 P	305 B 904 P 1515 B 2129 P	335 B 917 P 1506 B 2136 P
7	128 P 820 B 1414 P 1943 B	203 P 839 B 1454 P 2041 B	54 P 710 B 1319 P 1926 B	126 P 710 B 1350 P 2047 B	214 P 718 B 1413 P 2146 B	423 P 925 B 1558 P 2307 B	434 P 1018 B 1628 P 2306 B	612 P 1316 B 1851 P	145 B 825 P 1514 B 2111 P	235 B 854 P 1522 P 2125 P	344 B 939 P 1542 B 2159 P	413 B 955 P 1535 B 2208 P
8	209 P 904 B 1509 P 2033 B	242 P 916 B 1551 P 2153 B	123 P 736 B 1354 P 2008 B	212 P 739 B 1438 P 2215 B	347 P 815 B 1515 P 2301 B	524 P 1045 B 1706 P 2359 B	535 P 1142 B 1738 P	32 B 724 P 1430 B 2012 P	242 B 914 P 1552 B 2148 P	318 B 932 P 1552 B 2156 P	420 B 1013 P 1609 B 2229 P	449 B 1031 P 1604 B 2240 P
9	254 P 951 B 1610 P 2136 B	337 P 1001 B 1657 P 2346 B	154 P 803 B 1436 P 2107 B	359 P 824 B 1547 P 2355 B	518 P 844 B 1632 P	618 P 1204 B 1812 P	0 B 635 P 1306 B 1850 P	141 B 828 P 1525 B 2115 P	329 B 955 P 1625 B 2222 P	356 B 1006 P 1620 B 2226 P	455 B 1045 P 1635 B 2259 P	524 B 1106 P 1634 B 2312 P
10	349 P 1040 B 1713 P 2305 B	509 P 1059 B 1804 P	237 P 834 B 1533 P 2252 B	605 P 1006 B 1716 P	5 B 621 P 1120 B 1749 P	47 B 708 P 1315 B 1913 P	55 B 734 P 1420 B 2001 P	241 B 923 P 1610 B 2203 P	410 B 1032 P 1657 B 2255 P	432 B 1038 P 1647 B 2256 P	530 B 1118 P 1701 B 2329 P	559 B 1142 P 1705 B 2345 P
11	457 P 1132 B 1812 P	126 B 644 P 1208 B 1908 P	413 P 923 B 1650 P	104 B 714 P 1159 B 1836 P	55 B 708 P 1237 B 1854 P	132 B 757 P 1420 B 2012 P	149 B 831 P 1522 B 2107 P	334 B 1010 P 1650 B 2244 P	448 B 1105 P 1727 B 2327 P	507 B 1109 P 1714 B 2326 P	606 B 1150 P 1727 B	636 B 1219 P 1739 B
12	39 B 609 P 1221 B 1905 P	227 B 758 P 1312 B 2002 P	48 B 627 P 1100 B 1812 P	150 B 757 P 1313 B 1938 P	137 B 749 P 1339 B 1949 P	216 B 846 P 1519 B 2208 P	243 B 926 P 1615 B 2205 P	420 B 1052 P 1728 B 2321 P	525 B 1137 P 1756 B 2359 P	542 B 1139 P 1739 B 2356 P	0 P 645 B 1225 P 1755 B	19 P 716 B 1259 P 1817 B
13	152 B 714 P 1307 B 1952 P	307 B 851 P 1405 B 2048 P	155 B 747 P 1236 B 1923 P	226 B 832 P 1408 B 2027 P	215 B 829 P 1433 B 2039 P	301 B 934 P 1614 B 2204 P	335 B 1017 P 1704 B 2255 P	504 B 1130 P 1804 B 2357 P	601 B 1208 P 1824 B	618 B 1209 P 1805 B	34 P 728 B 1305 P 1826 B	57 P 800 B 1347 P 1900 B
14	244 B 812 P 1349 B 2033 P	341 B 932 P 1451 B 2129 P	236 B 833 P 1343 B 2017 P	300 B 906 P 1455 B 2111 P	253 B 911 P 1525 B 2127 P	346 B 1023 P 1707 B 2258 P	426 B 1104 P 1749 B 2341 P	544 B 1207 P 1838 B	31 P 637 B 1239 P 1852 B	27 P 656 B 1240 P 1830 B	111 P 821 B 1359 P 1905 B	139 P 849 B 1444 P 1951 B

**TALCAHUANO-CHILE 2003**  
**HORAS DE PLEAMAR (P) Y BAJAMAR (B)**  
**EL TIEMPO EMPLEADO CORRESPONDE AL MERIDIANO 60° W - ZONA +4 HORAS**  
**CONTINUACIÓN**

15	325 R 901 P 1428 R 2112 P	414 R 1007 P 1534 R 2208 P	309 R 908 P 1433 R 2102 P	334 R 941 P 1541 R 2154 P	331 R 953 P 1617 R 2215 P	423 R 1112 P 1800 R 2351 P	514 R 1149 P 1833 R	34 D 624 R 1241 P 1912 R	404 D 716 R 1309 P 1919 R	400 D 740 R 1315 P 1856 R	457 D 926 R 1524 P 1959 R	228 D 941 R 1549 P 2053 R
16	401 R 944 P 1507 R 2149 P	446 R 1041 P 1616 R 2247 P	341 R 940 P 1517 R 2143 P	408 R 1019 P 1628 R 2236 P	411 R 1037 P 1709 R 2304 P	522 R 1201 P 1852 R	24 P 601 R 1232 P 1916 R	111 P 703 R 1315 P 1945 R	140 P 800 R 1343 P 1947 R	137 P 838 R 1403 P 1927 R	256 P 1038 R 1653 P 2121 R	325 P 1034 R 1652 P 2207 R
17	436 R 1023 P 1546 R 2226 P	520 R 1116 P 1659 R 2326 P	413 R 1013 P 1600 R 2222 P	444 R 1059 P 1716 R 2320 P	452 R 1123 P 1803 R 2355 P	43 D 612 R 1249 P 1944 R	108 D 646 R 1313 P 1958 R	460 D 745 R 1350 P 2019 R	223 D 903 R 1428 P 2019 R	226 D 1005 R 1554 P 2015 R	400 D 1140 R 1757 P 2254 R	430 D 1126 R 1748 P 2328 R
18	510 R 1101 P 1627 R 2304 P	556 R 1152 P 1742 R	446 R 1048 P 1643 R 2302 P	522 R 1141 P 1806 R	536 R 1211 P 1859 R	136 P 704 R 1339 P 2038 R	153 P 732 R 1354 P 2040 R	235 P 833 R 1429 P 2054 R	320 P 1048 R 1616 P 2109 R	336 P 1140 R 1748 P 2156 R	525 P 1231 R 1844 P	537 P 1214 R 1839 P
19	547 R 1138 P 1709 R 2343 P	5 D 633 R 1231 P 1827 R	521 R 1125 P 1728 R 2342 P	5 D 601 R 1226 P 1901 R	50 D 623 R 1302 P 2000 R	234 D 758 R 1430 P 2132 R	243 D 820 R 1437 P 2123 R	320 D 944 R 1522 P 2136 R	418 D 1235 R 1817 P 2247 R	503 D 1246 R 1854 P 2343 R	12 R 629 P 1312 R 1925 P	45 R 641 P 1300 R 1928 P
20	625 R 1216 P 1753 R	45 P 711 R 1314 R 1915 R	557 R 1205 P 1815 R	54 P 643 R 1315 P 2004 R	152 P 715 R 1357 P 2107 R	338 R 858 R 1528 P 2227 R	340 P 918 R 1527 P 2209 R	433 P 1132 R 1656 P 2234 R	600 P 1340 R 1932 P	620 P 1331 R 1936 P	114 R 722 P 1349 R 2004 P	152 R 741 P 1346 R 2017 P
21	705 R 1257 P 1838 R	198 D 751 R 1402 P 2009 R	23 D 634 R 1248 P 1906 R	454 D 729 R 1412 P 2120 R	305 D 816 R 1459 P 2216 R	444 D 1010 R 1627 P 2321 R	441 D 1038 R 1630 P 2259 R	543 D 1311 R 1833 P 2347 R	23 R 709 P 1420 R 2016 P	55 R 718 P 1406 R 2010 P	208 R 812 P 1426 R 2043 P	253 R 840 P 1431 R 2107 P
22	746 R 1342 P 1926 R	215 P 834 R 1458 P 2117 R	107 P 714 R 1335 P 2004 R	314 P 828 R 1521 P 2246 R	426 P 930 R 1609 P 2324 R	546 P 1134 R 1732 P	542 P 1214 R 1744 P 2352 R	650 P 1415 R 1949 P	129 R 801 P 1452 R 2050 P	148 R 805 P 1437 R 2043 P	259 R 859 P 1503 R 2125 P	349 R 937 P 1518 R 2157 P
23	830 R 1433 P 2020 R	313 D 924 R 1606 P 2252 R	158 D 756 R 1431 P 2119 R	454 D 950 R 1642 P	542 D 1058 R 1721 P	41 R 641 P 1254 R 1834 P	630 D 1336 R 1857 P	57 R 747 P 1456 R 2041 P	217 R 844 P 1522 R 2121 P	233 R 848 P 1509 R 2116 P	350 R 947 P 1542 R 2209 P	442 R 1032 P 1607 R 2247 P
24	917 R 1533 P 2126 R	438 P 1029 R 1726 P	307 P 848 R 1541 P 2257 R	9 R 626 P 1131 R 1804 P	23 R 645 P 1222 R 1827 P	56 R 729 P 1359 R 1931 P	44 R 732 P 1435 R 2001 P	153 R 834 P 1529 R 2120 P	259 R 922 P 1551 R 2152 P	317 R 928 P 1542 R 2152 P	442 R 1036 P 1623 R 2255 P	534 R 1125 P 1657 R 2336 P
25	936 D 1009 R 1640 P 2252 R	41 R 623 P 1152 R 1849 P	451 D 1003 R 1705 P	445 R 733 P 1258 R 1914 P	412 R 734 P 1330 R 1923 P	136 R 811 P 1451 R 2022 P	132 R 819 P 1518 R 2054 P	230 R 915 P 1559 R 2153 P	320 R 1000 P 1622 R 2224 P	402 R 1009 P 1616 R 2231 P	524 R 1127 P 1707 R 2343 P	625 R 1217 P 1748 R
26	1108 R 1750 P	205 R 757 P 1316 R 2002 P	37 R 641 P 1145 R 1833 P	202 R 817 P 1359 R 2006 P	151 R 813 P 1423 R 2010 P	212 R 849 P 1533 R 2108 P	216 R 901 P 1554 R 2137 P	320 R 952 P 1629 R 2224 P	420 R 1037 P 1655 R 2259 P	448 R 1051 P 1652 R 2312 P	630 R 1221 P 1755 R	76 P 717 R 1308 R 1840 R
27	1212 R 1900 P	304 R 858 P 1421 R 2058 P	154 R 800 P 1316 R 1946 P	238 R 851 P 1446 R 2048 P	224 R 847 P 1508 R 2052 P	245 R 924 P 1611 R 2149 P	256 R 939 P 1627 R 2215 P	400 R 1028 P 1700 R 2257 P	502 R 1115 P 1729 R 2337 P	537 R 1136 P 1731 R 2356 P	74 D 1320 P 1848 R	115 D 1403 P 1934 R
28	159 R 736 P 1318 R 2006 P	342 R 940 P 1512 R 2142 P	239 R 847 P 1417 R 2039 P	309 R 921 P 1526 R 2125 P	254 R 919 P 1547 R 2130 P	318 R 959 P 1646 R 2228 P	336 R 1015 P 1659 R 2250 P	440 R 1105 P 1733 R 2330 P	547 R 1155 P 1804 R	631 R 1224 P 1812 R	129 P 833 R 1428 R 1948 R	206 P 902 R 1503 P 2032 R
29	303 R 848 P 1418 R 2102 P	316 R 921 P 1504 R 2120 P	236 R 850 P 1602 R 2158 P	322 R 950 P 1623 R 2206 P	352 R 1033 P 1720 R 2305 P	415 R 1051 P 1732 R 2324 P	520 R 1141 P 1807 R	49 D 636 R 1237 P 1842 R	45 D 731 R 1320 P 1859 R	230 D 941 R 1545 P 2059 R	300 D 956 R 1609 P 2140 R	
30	353 R 943 P 1511 R 2151 P	348 R 951 P 1542 R 2155 P	402 R 1018 P 1636 R 2230 P	349 R 1021 P 1658 R 2241 P	428 R 1108 P 1755 R 2343 P	455 R 1128 P 1807 R 2359 P	6 P 603 R 1219 P 1842 R	103 P 731 R 1324 P 1923 R	140 P 842 R 1433 P 1956 R	338 P 1048 R 1702 P 2222 R	359 P 1050 R 1715 P 2304 R	
31	435 R 1027 P 1558 R 2234 P	416 R 1019 P 1618 R 2227 P	417 R 1052 P 1733 R 2315 P	536 R 1205 P 1842 R	46 D 648 R 1259 P 1919 R	520 R 1141 P 1807 R	49 D 636 R 1237 P 1842 R	45 D 731 R 1320 P 1859 R	230 D 941 R 1545 P 2059 R	300 D 956 R 1609 P 2140 R		

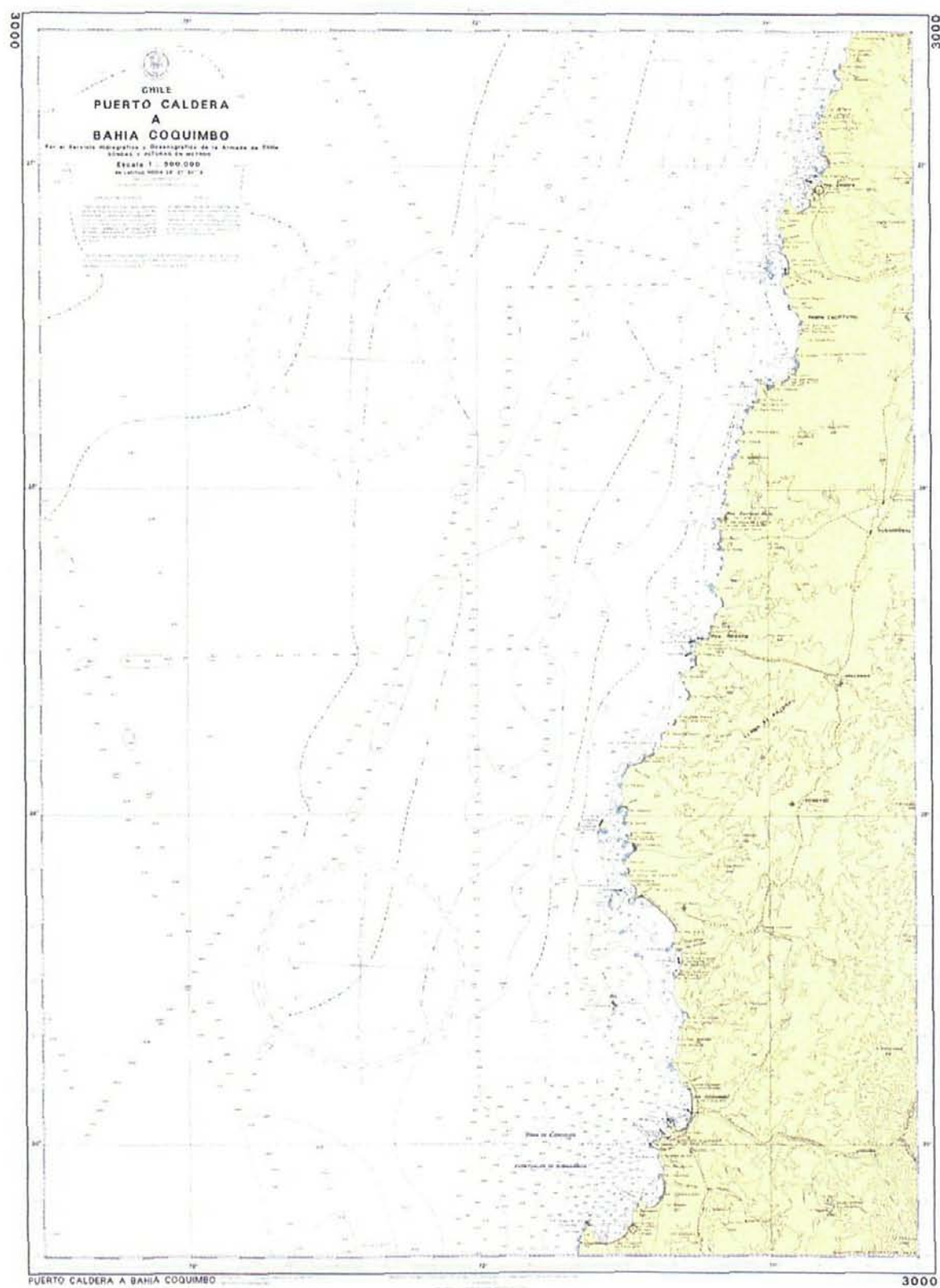
# **ANEXO 1**

## **CLIMA MARÍTIMO**

### **A1.2.- CARTAS NÁUTICAS**



## NORTE DE CHILE

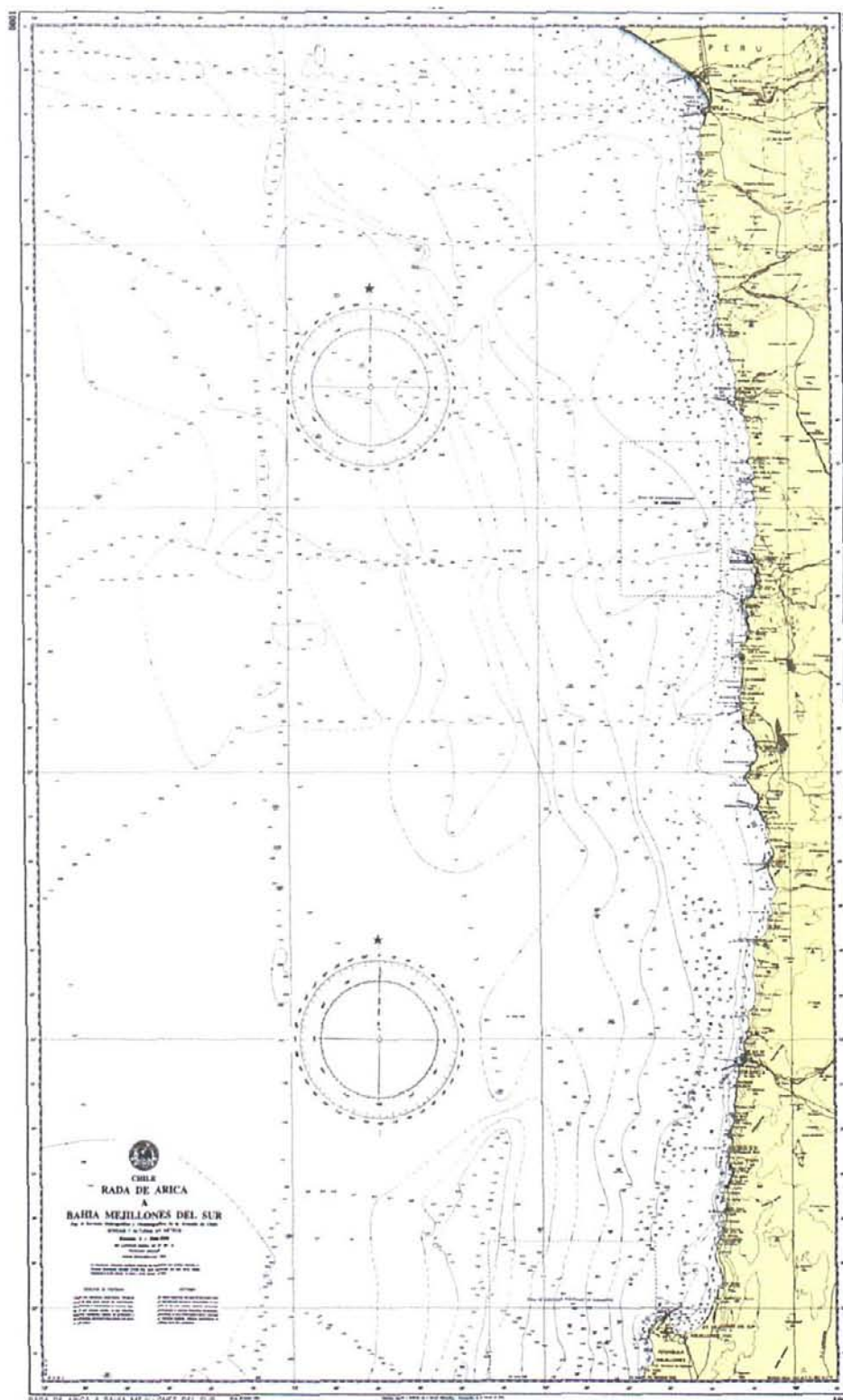


CARTA SERIE 3000



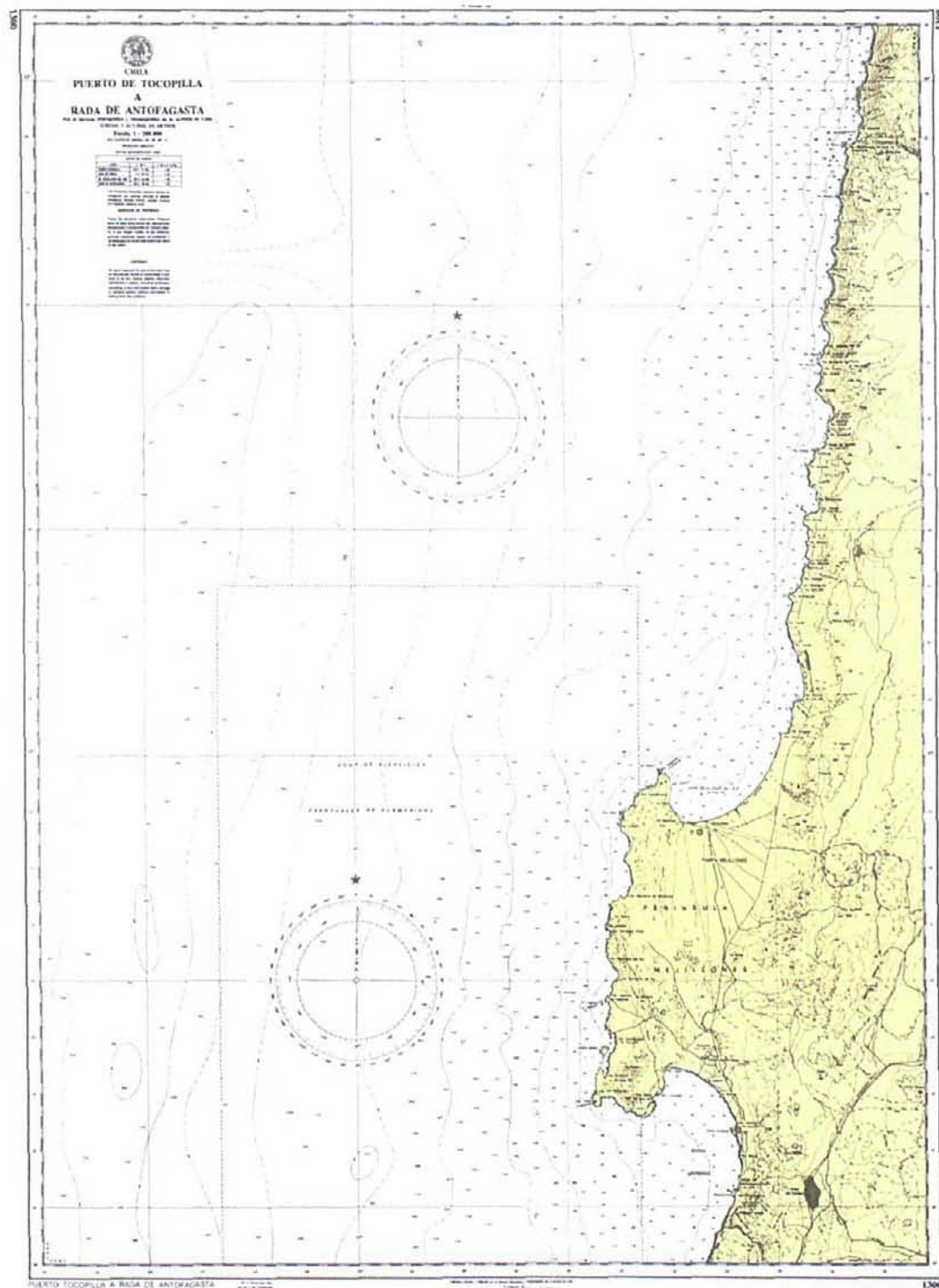
## NORTE CENTRAL DE CHILE

### ZONA NORTE, I REGIÓN



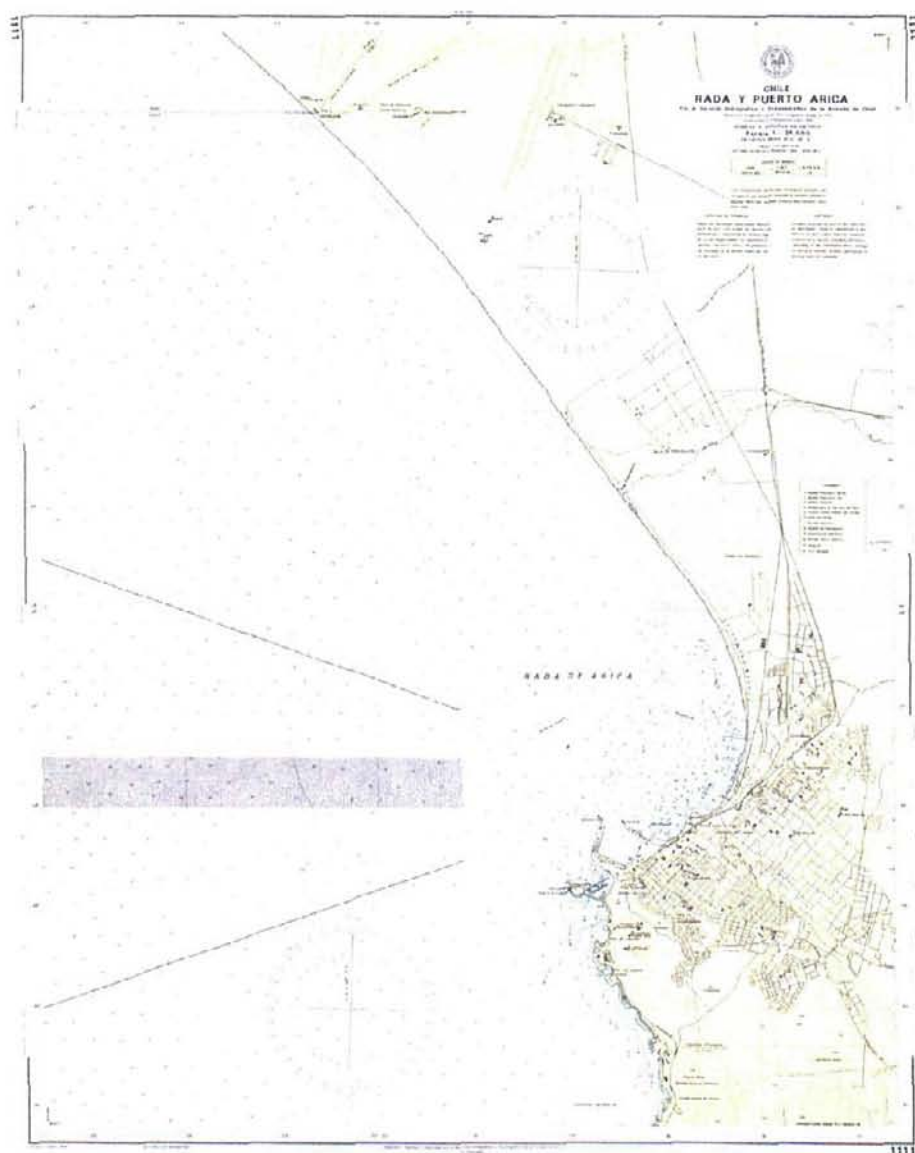
Fuente: CUARTERON 1000 SHOA : RADA DE ARICA A BAHÍA DE MEJILLONES

## ZONA NORTE, II REGIÓN DE CHILE



Fuente: CUARTERON 1300 SHOA : PUERTO DE TOCOPILLA A RADA DE ANTOFAGASTA

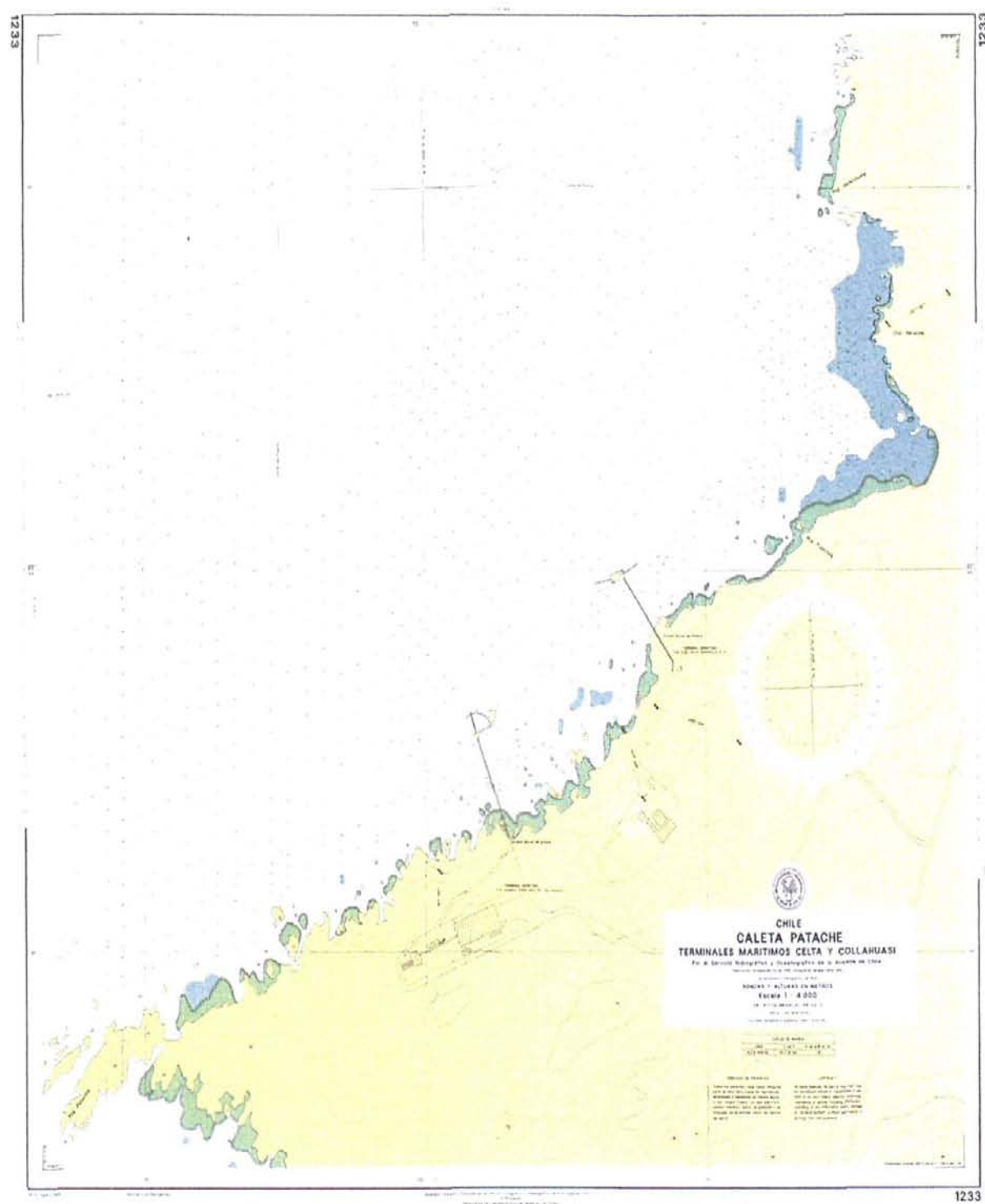
## CARTA DE LA RADA Y EL PUERTO DE ARICA



Fuente: CUARTERON 1111 SHOA : RADA Y PUERTO DE ARICA

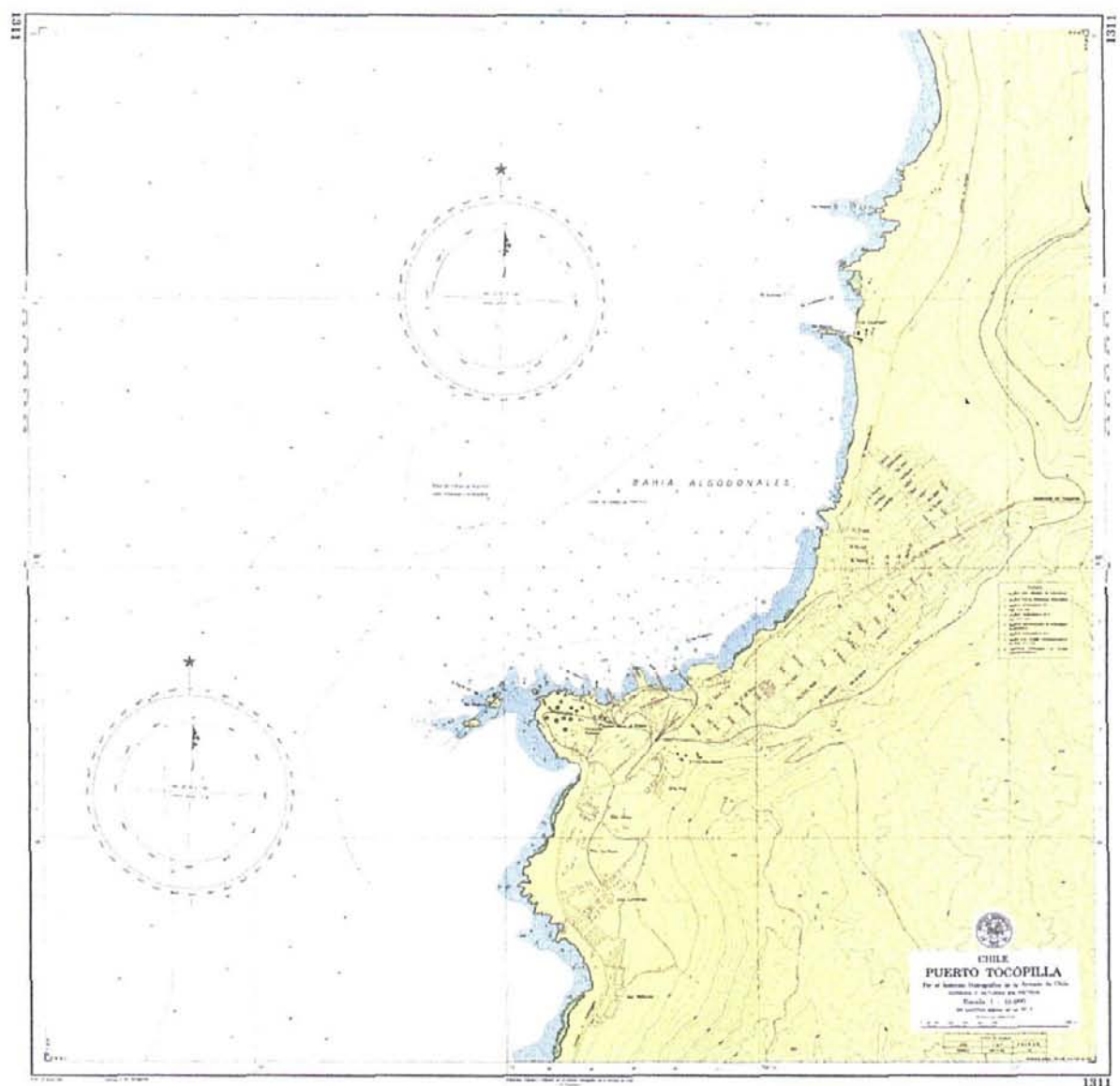


## APROXIMACIÓN PALILLOS Y PATACHE ADYACENTES A IQUIQUE



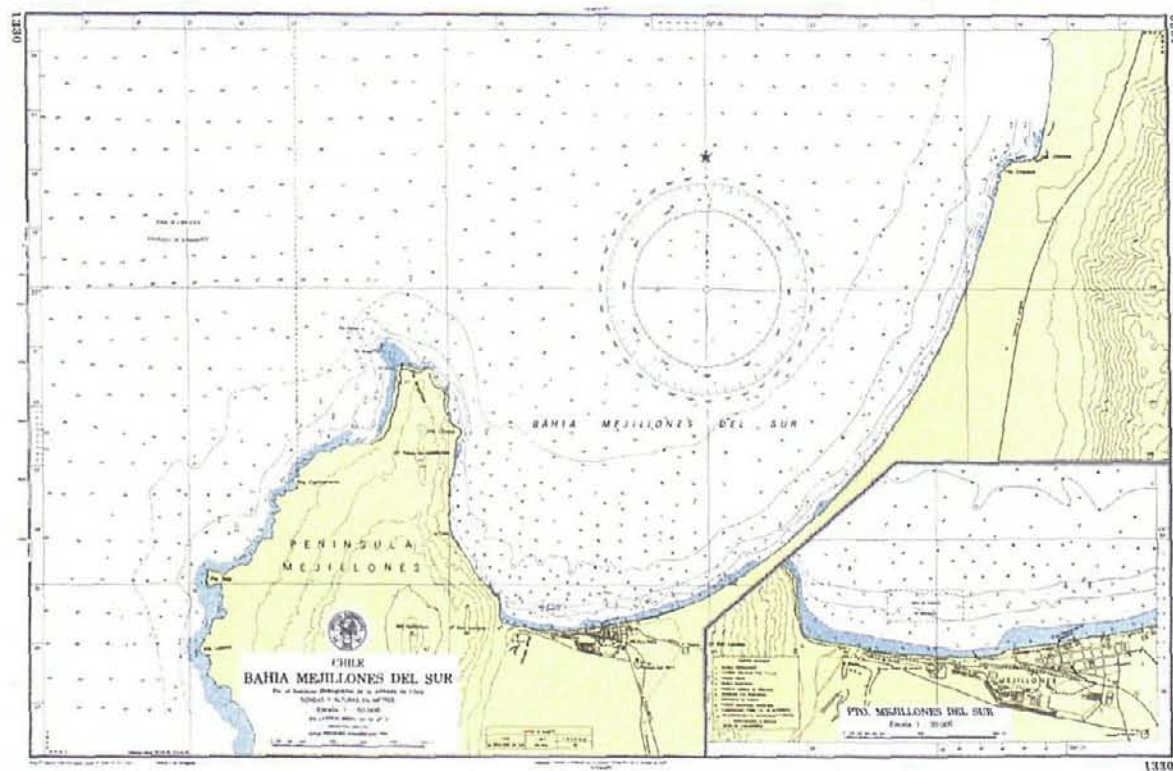
Fuente: CUARTERON 1231 SHOA : PATACHE Y PALILLOS

## PUERTO DE TOCOPILLA



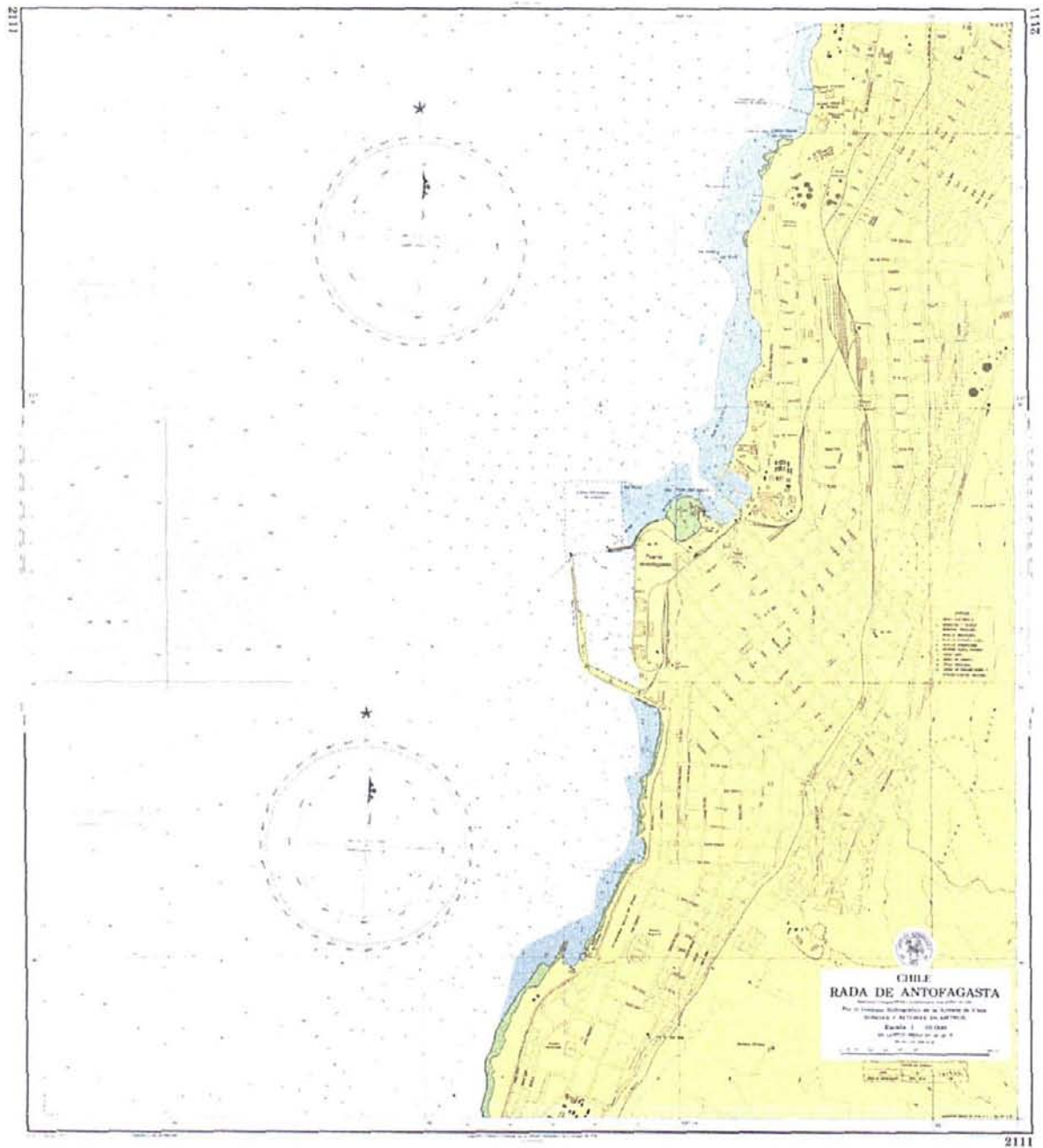
Fuente: CUARTERON 1311 SHOA : PUERTO DE TOCOPILLA

## PUERTO MEJILLONES SUR



Fuente: CUARTERON 1330-B SHOA : PUERTO DE MEJILLONES SUR

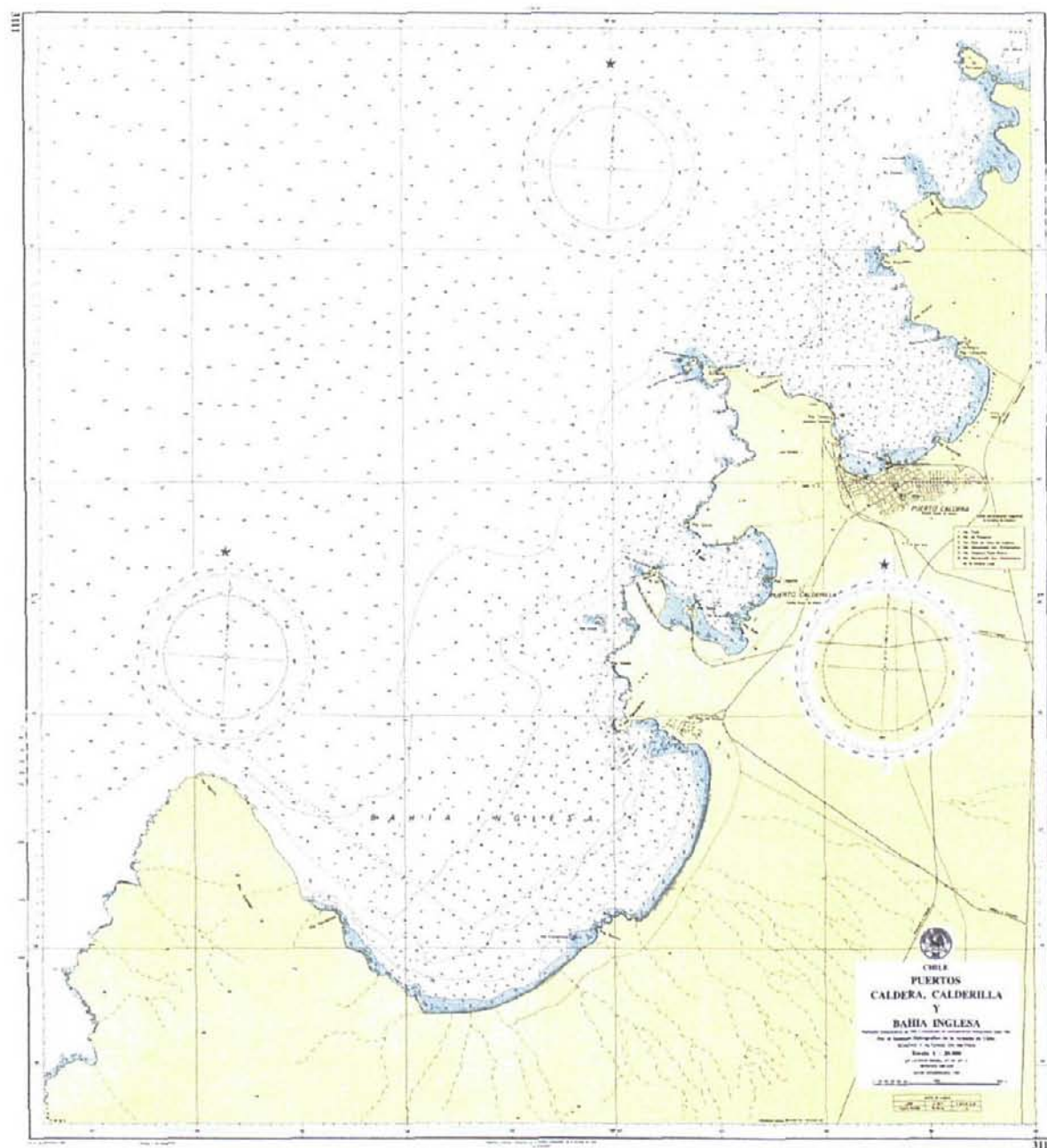
## RADA DE ANTOFAGASTA



Fuente: CUARTERON 2111 SHOA : RADA DE ANTOFAGASTA

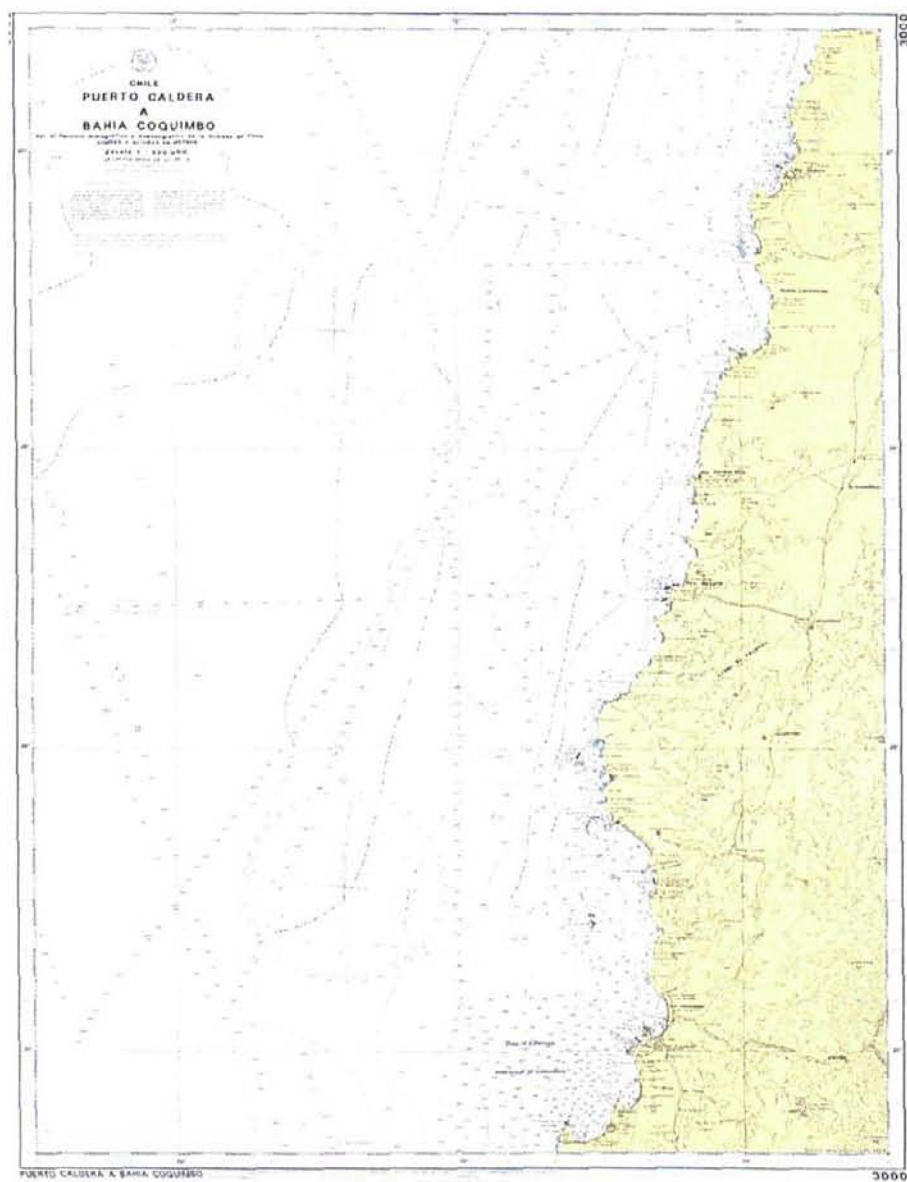


**BAHÍA DE CALDERA, CALDERILLA Y BAHÍA INGLESA**



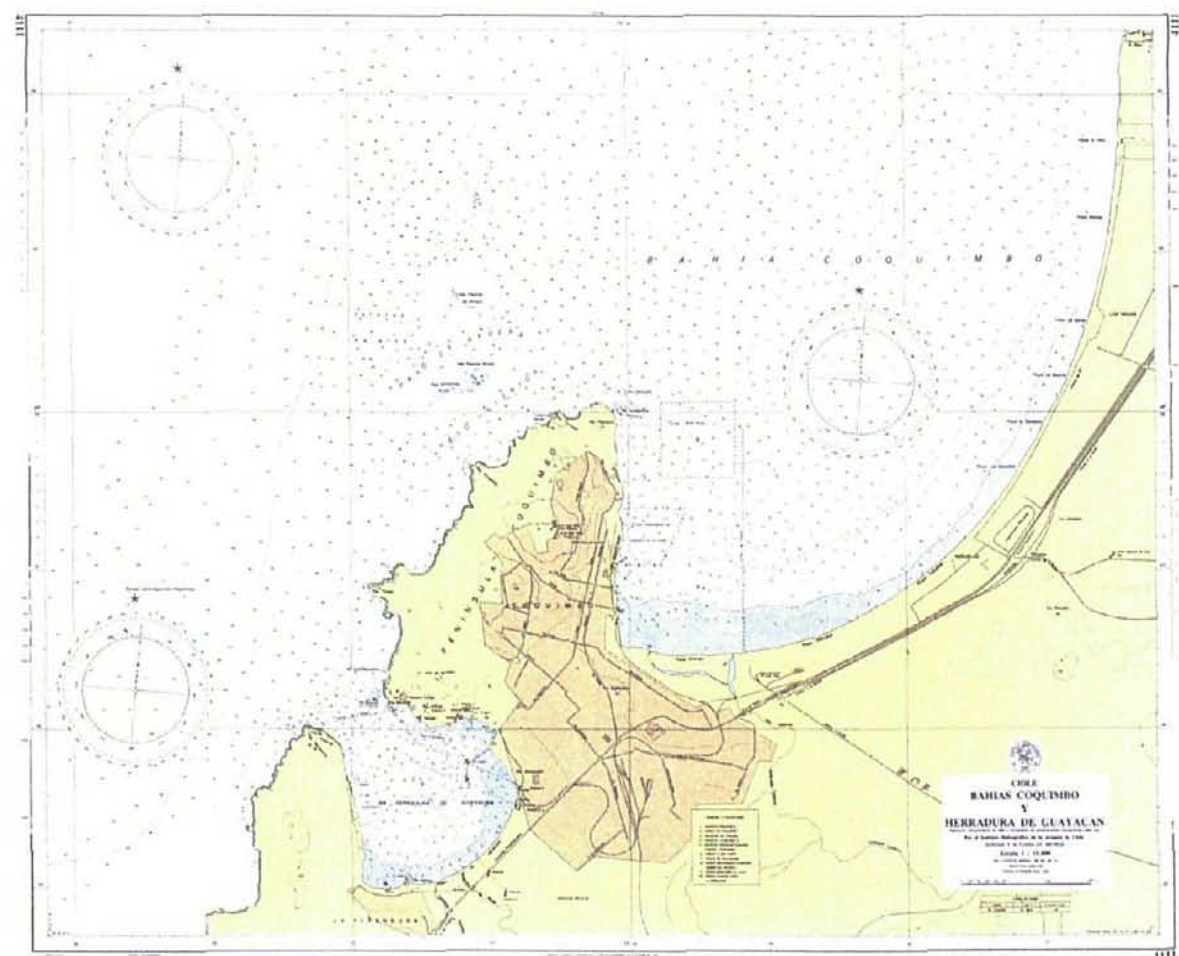
CARTA SERIE 3111

## CARTA DE NAVEGACIÓN DESDE PUERTO CALDERA A COQUIMBO



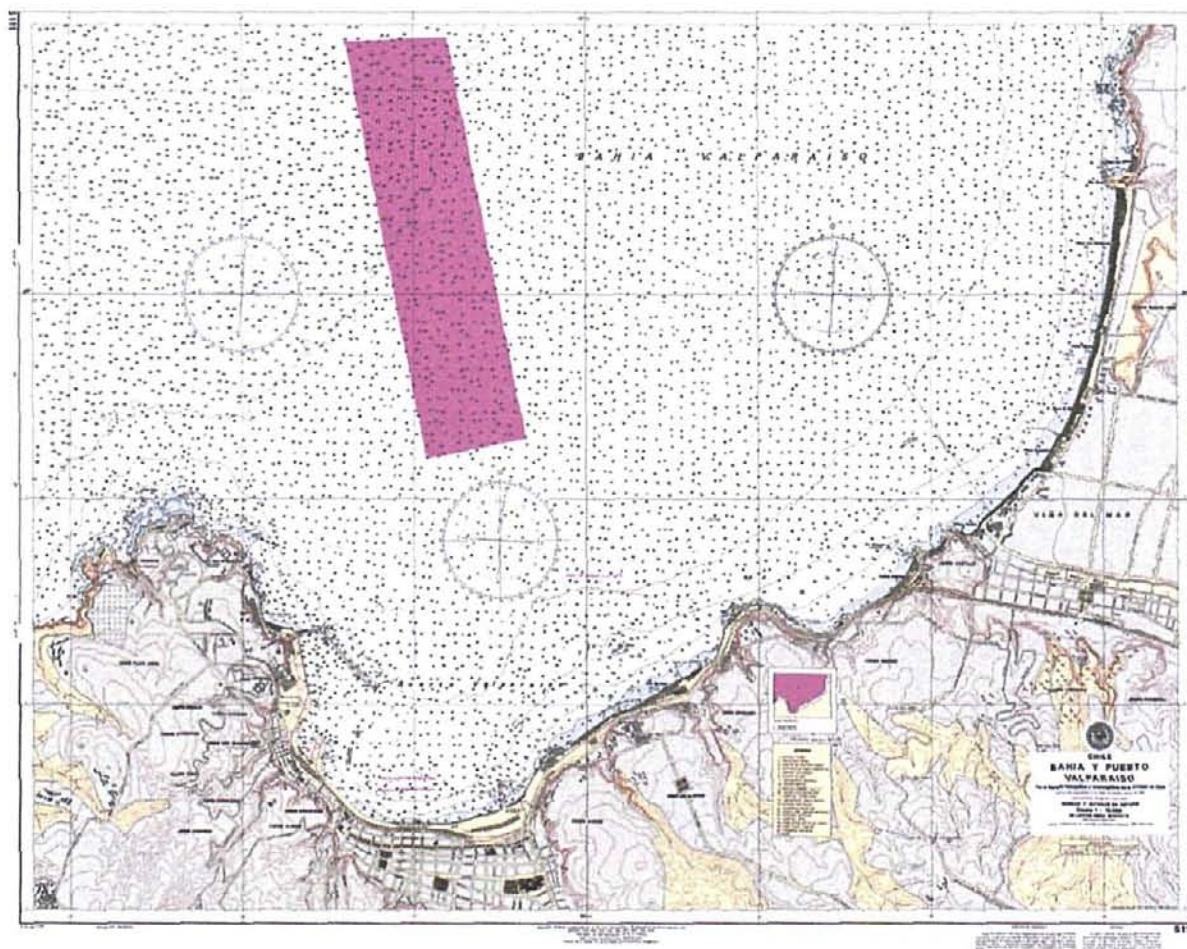
Fuente: Carta CUARTERÓN 3000. SHOA

## BAHÍA DE COQUIMBO Y HERRADURA DE GUAYACÁN





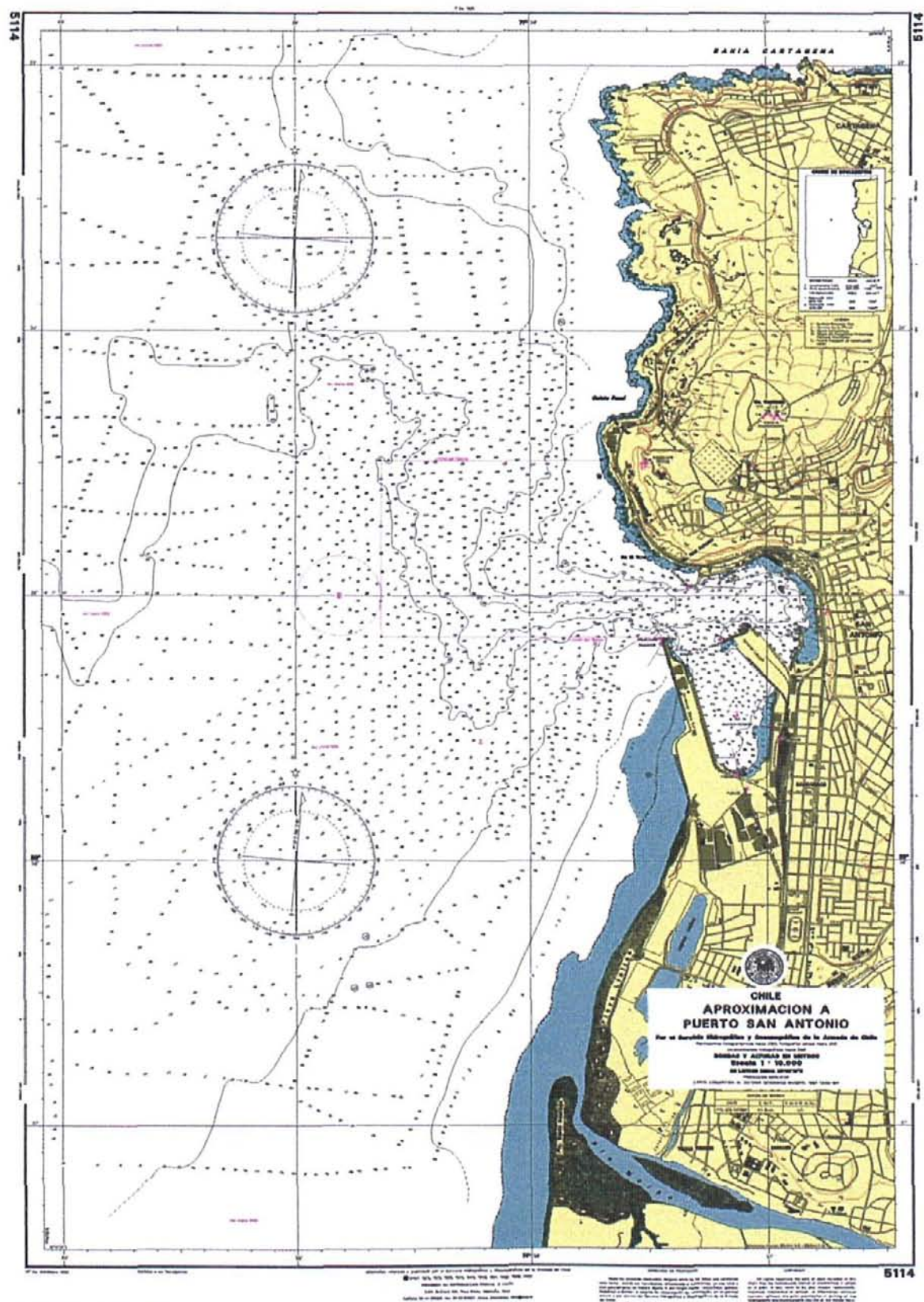
## BAHÍA DE VALPARAISO



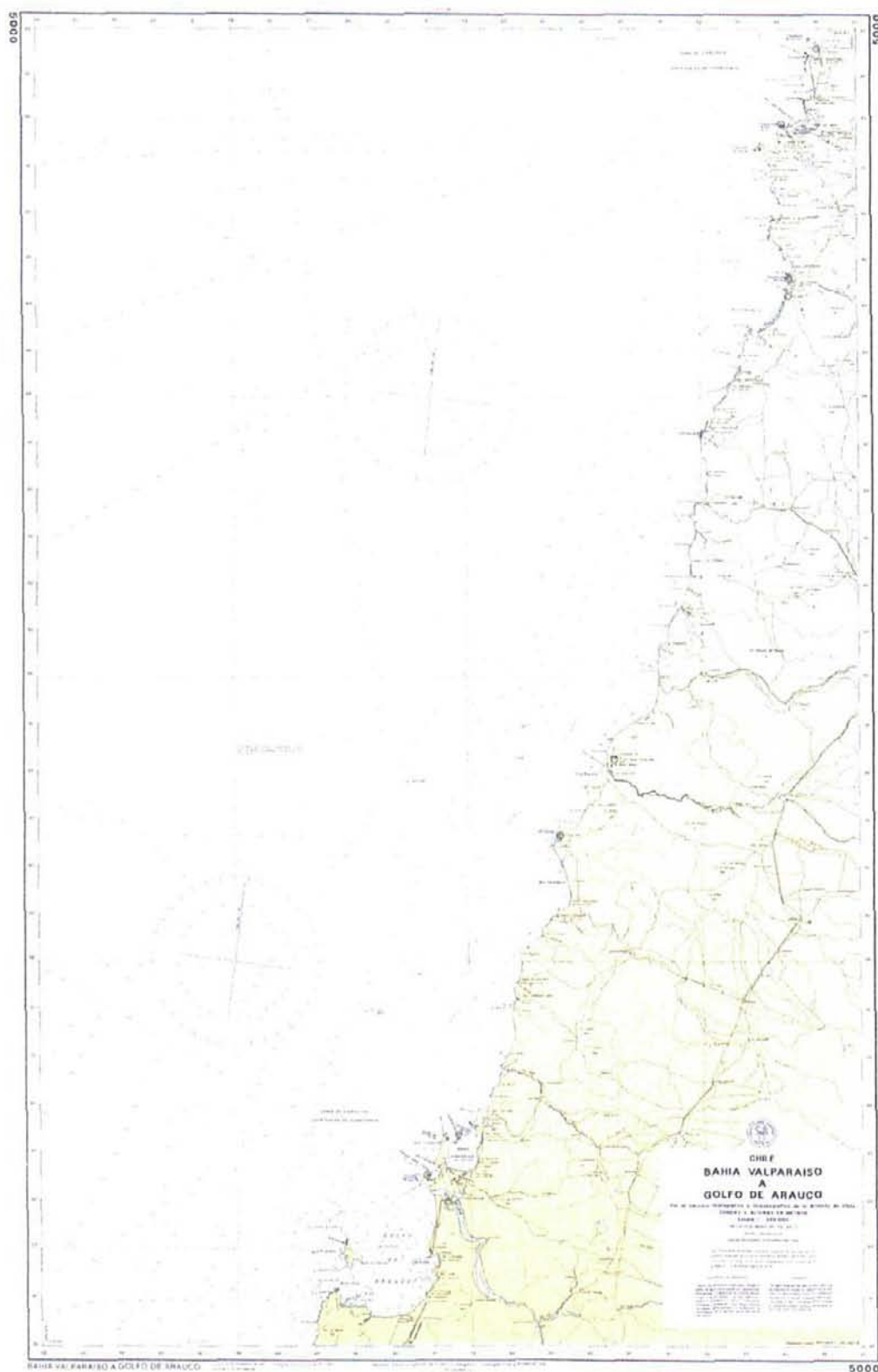
CARTA SERIE 5111



## PUERTO DE SAN ANTONIO



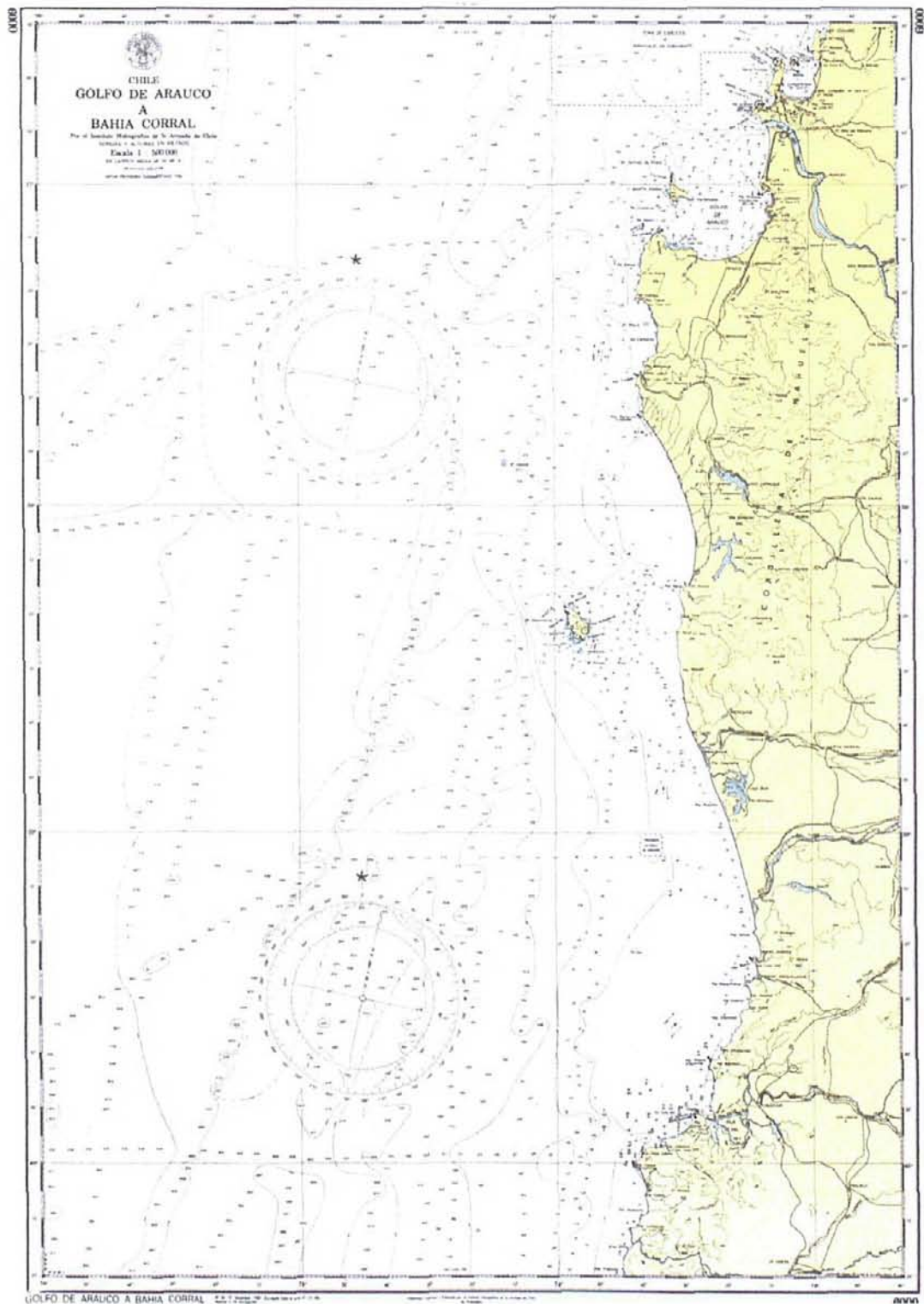
## RADA VALAPARAISO A GOLFO DE ARAUCO



Fuente: Carta CUARTERÓN 5000. SHOA

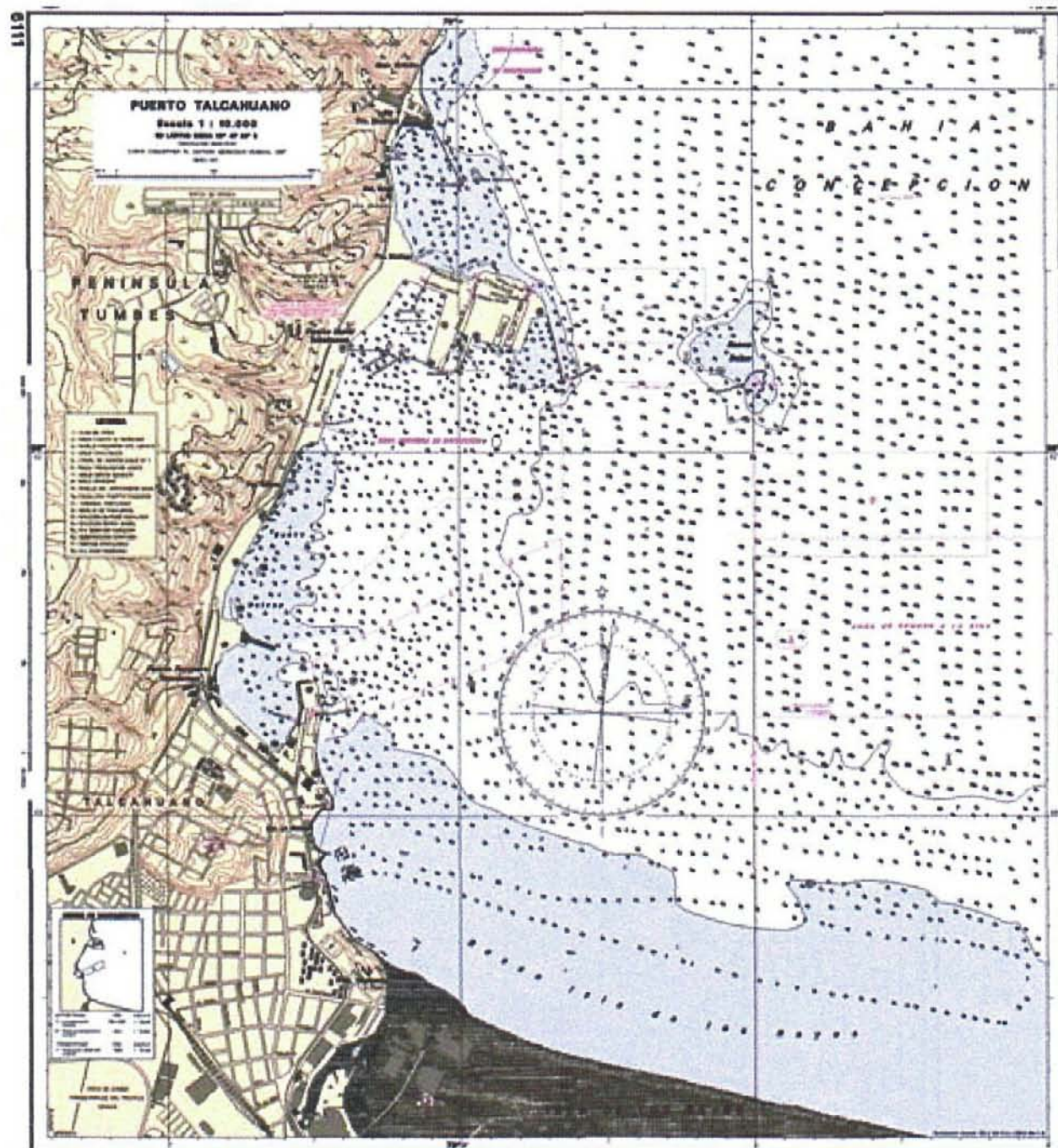


## GOLFO DE ARAUCO Y SUR CENTRAL DE CHILE



Fuente: Carta CUARTERÓN 6000. SHOA

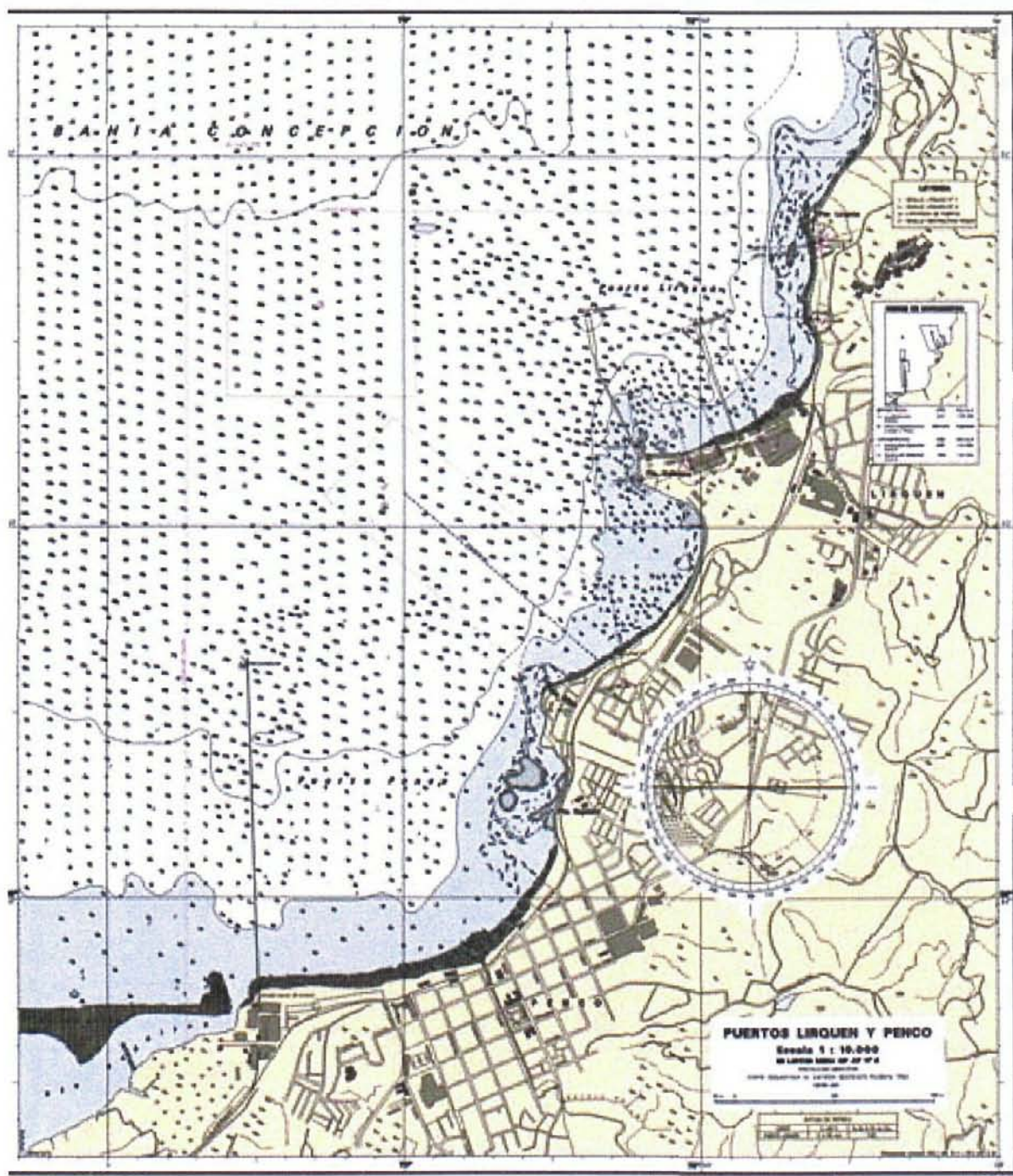
# BAHÍA DE CONCEPCION VIII REGIÓN (ÁREA DE ESTUDIO)



CARTA SERIE 6111 LADO IZQUIERDO



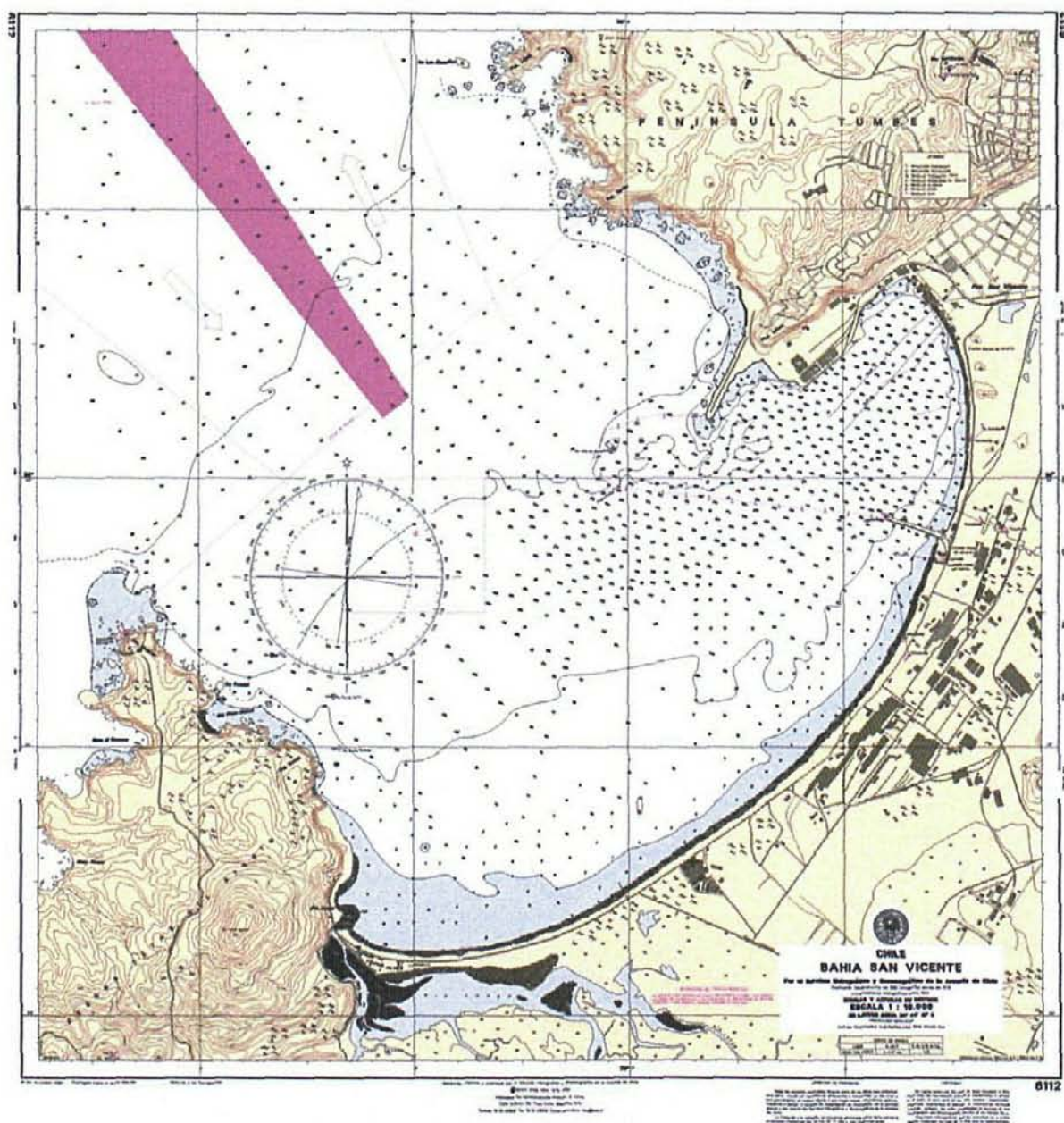
BAHÍA DE CONCEPCIÓN VIII REGIÓN (ÁREA DE ESTUDIO)



CARTA SERIE 6111 LADO DERECHO

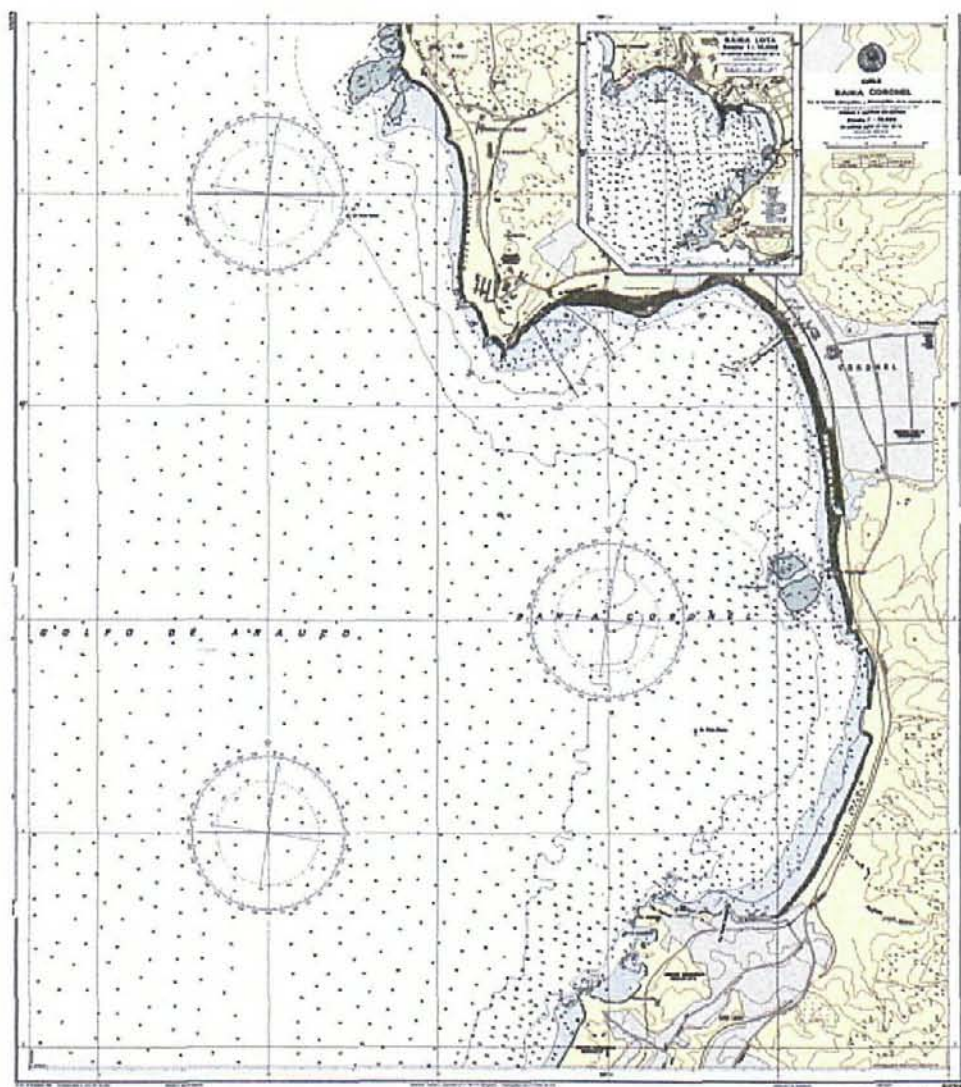


# BAHÍA DE SAN VICENTE VIII REGIÓN (ÁREA DE ESTUDIO)



CARTA SERIE 6112

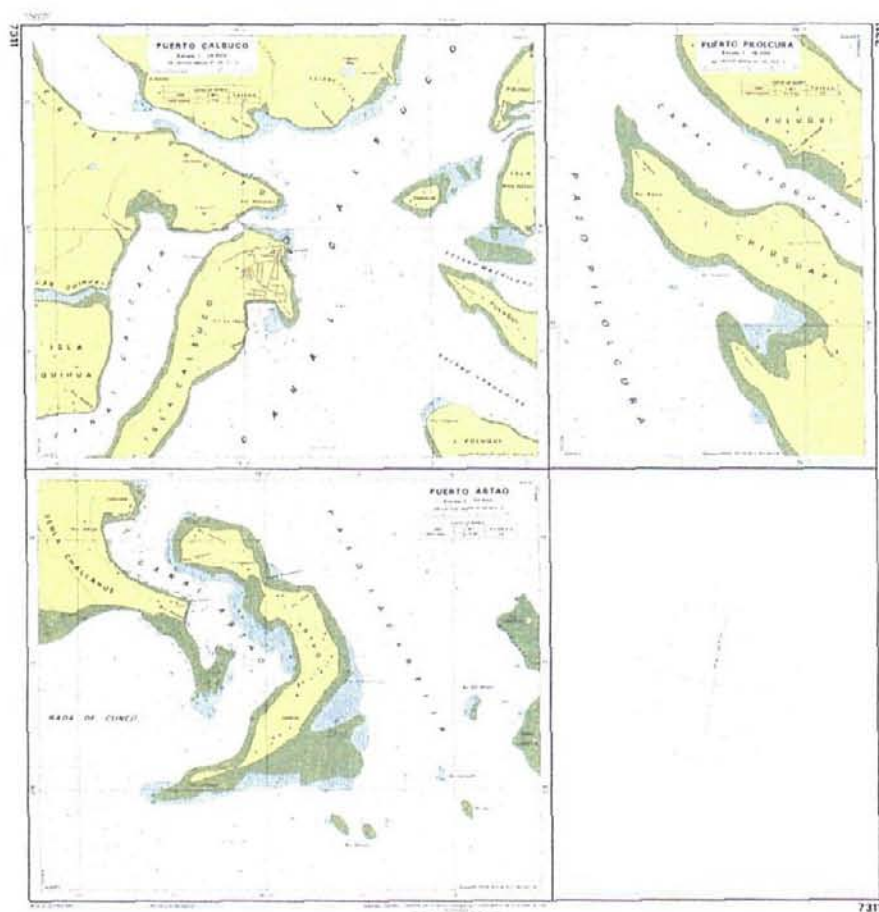
## BAHÍA DE CORONEL VIII REGIÓN (ÁREA DE ESTUDIO)



Fuente: Carta CUARTERÓN 7311. SHOA



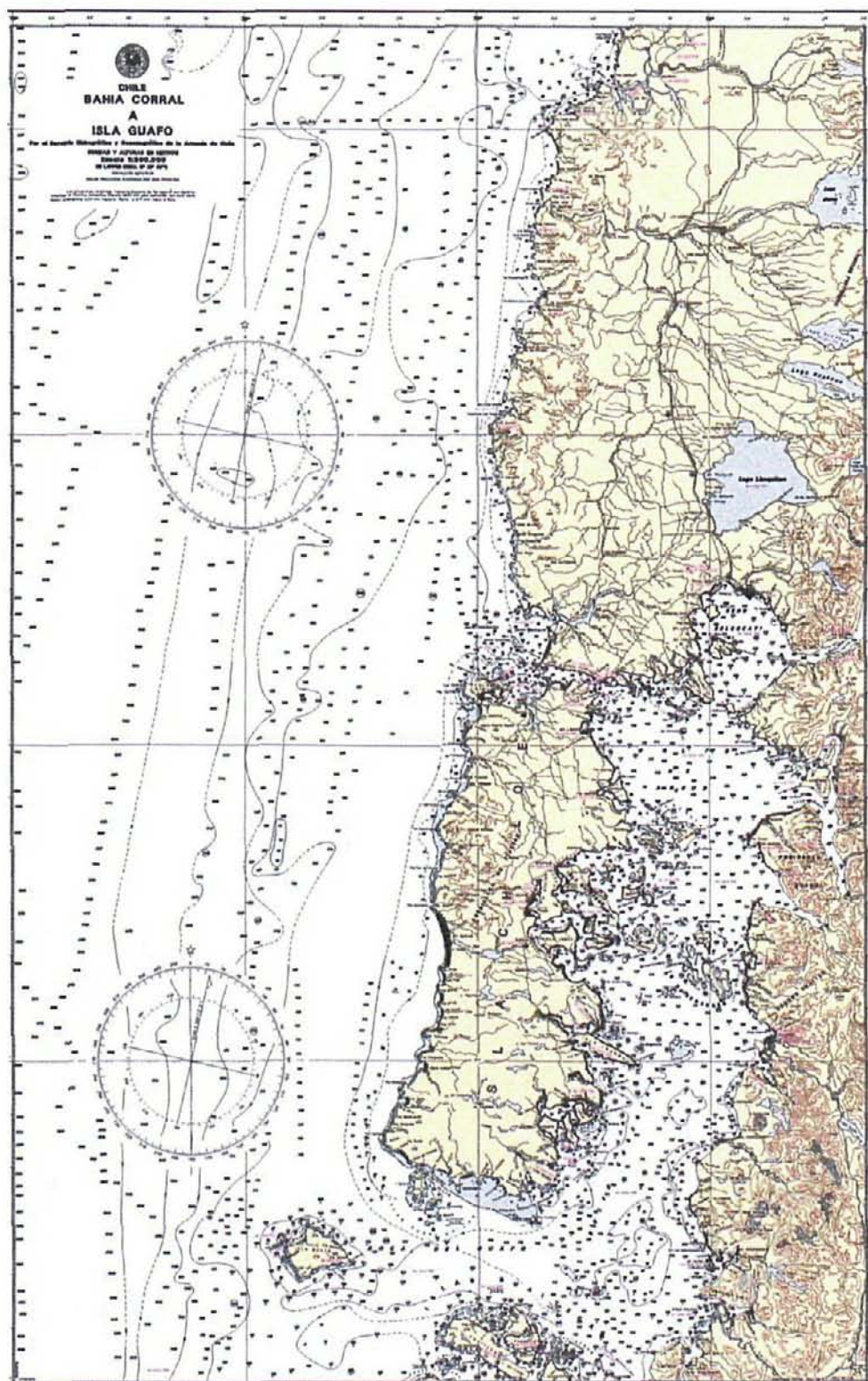
## ISLAS ADYACENTES DE CHILOE



Fuente: Carta CUARTERÓN 7311. SHOA

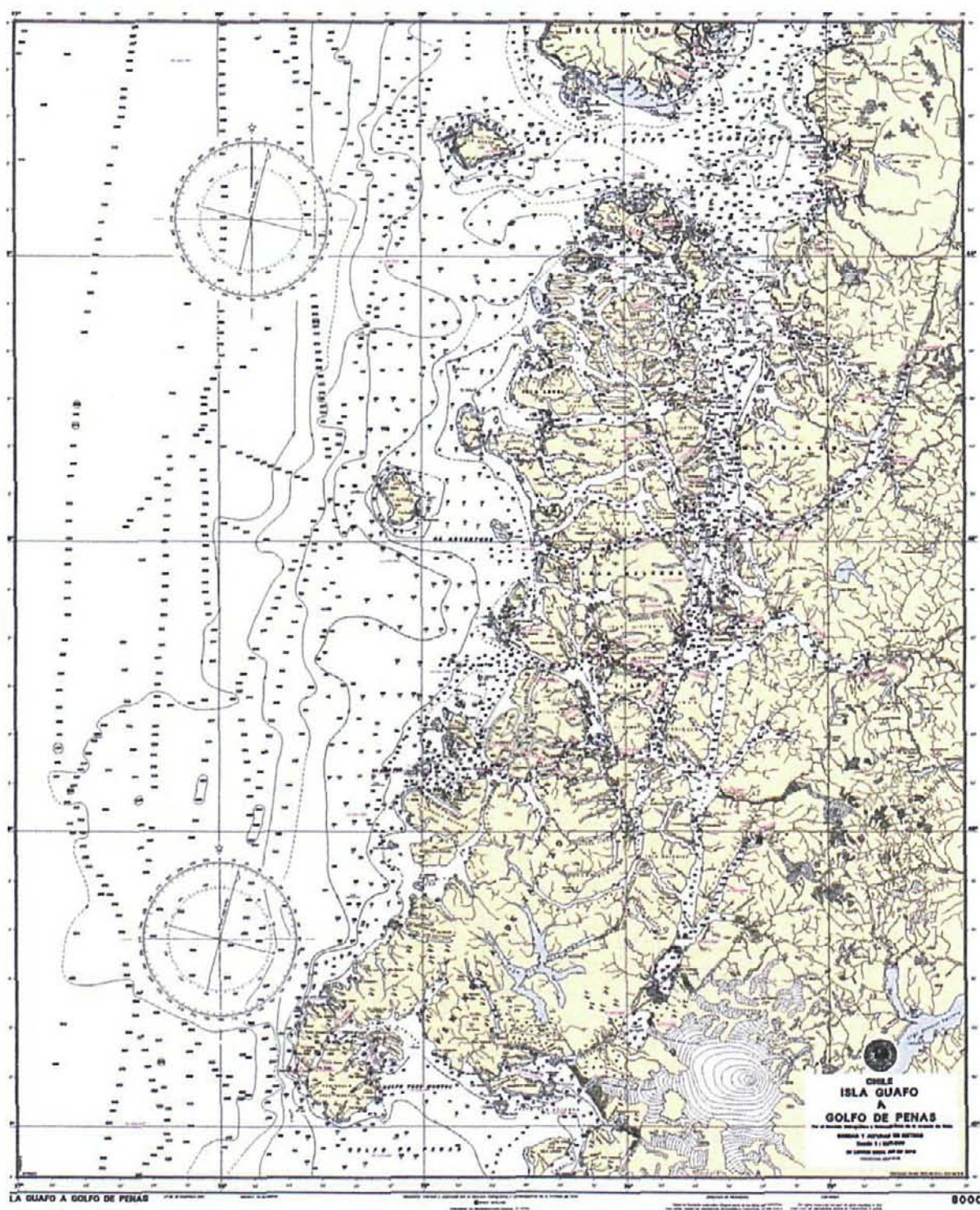


# BAHÍA DE CORRAL A ISLA GUAFO





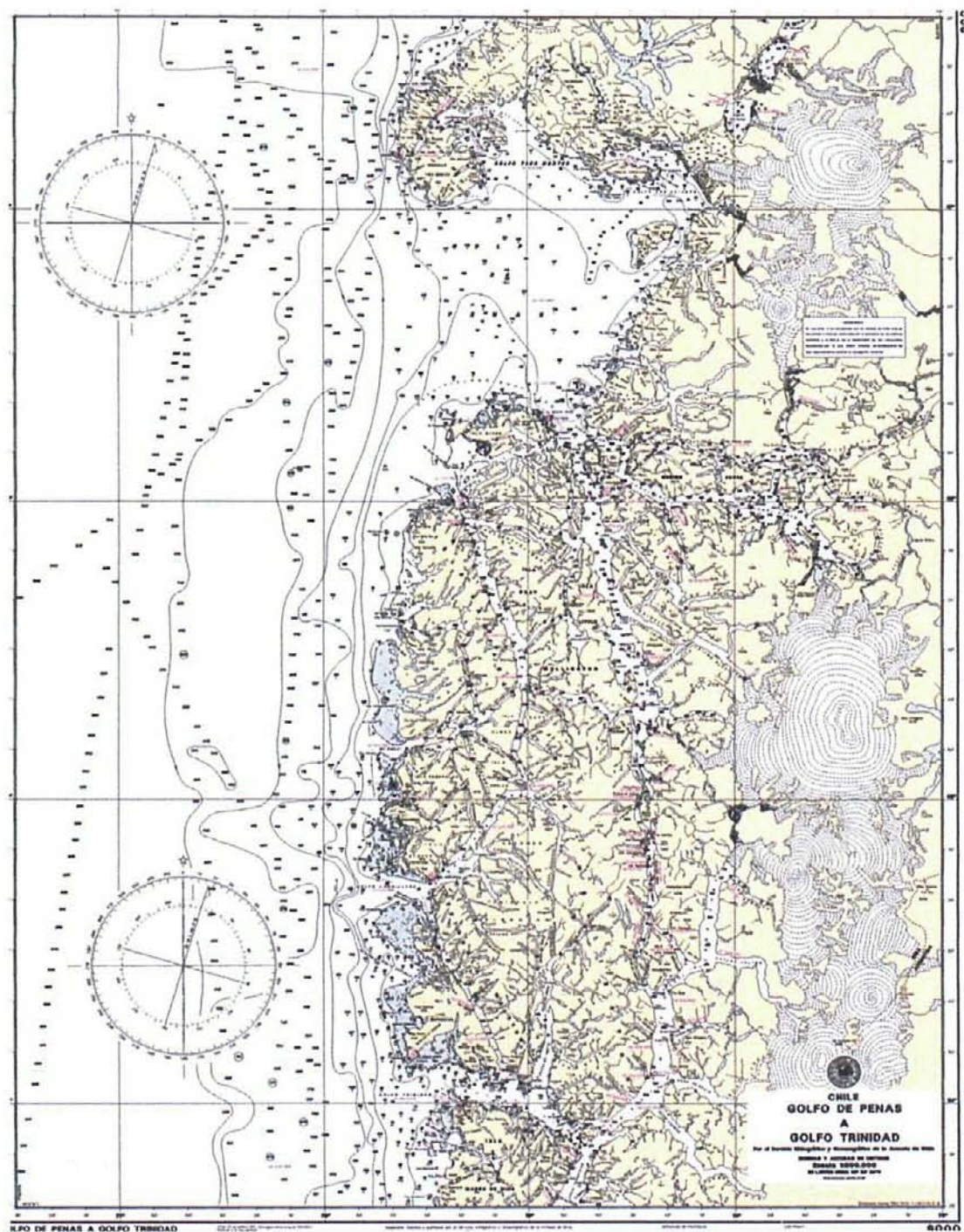
## ISLA GUAFO A GOLFO DE PENAS



Fuente: Carta CUARTERÓN 8000. SHOA

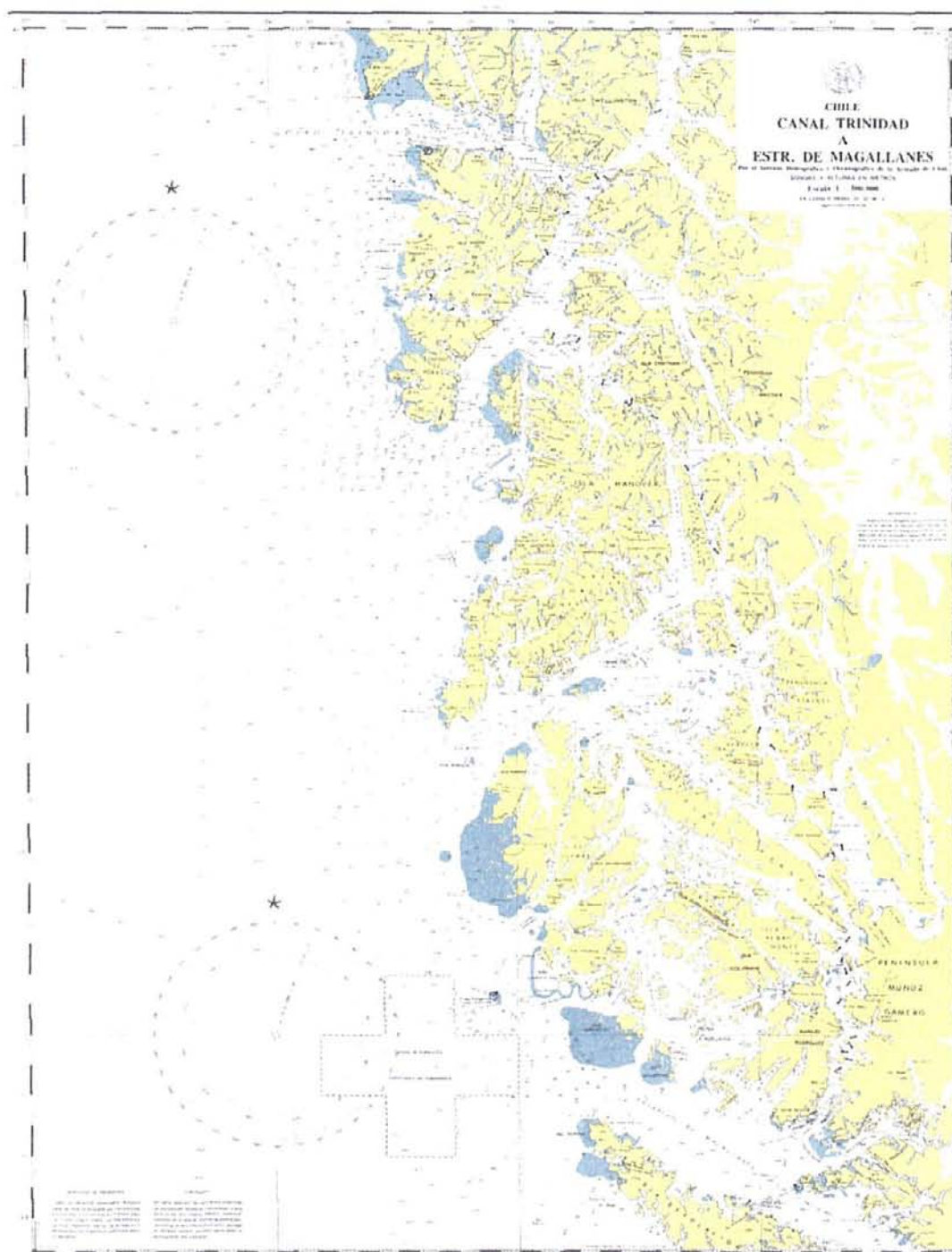


# GOLFO DE PENAS A GOLFO DE TRINIDAD



Fuente: Carta CUARTERÓN 9000. SHOA

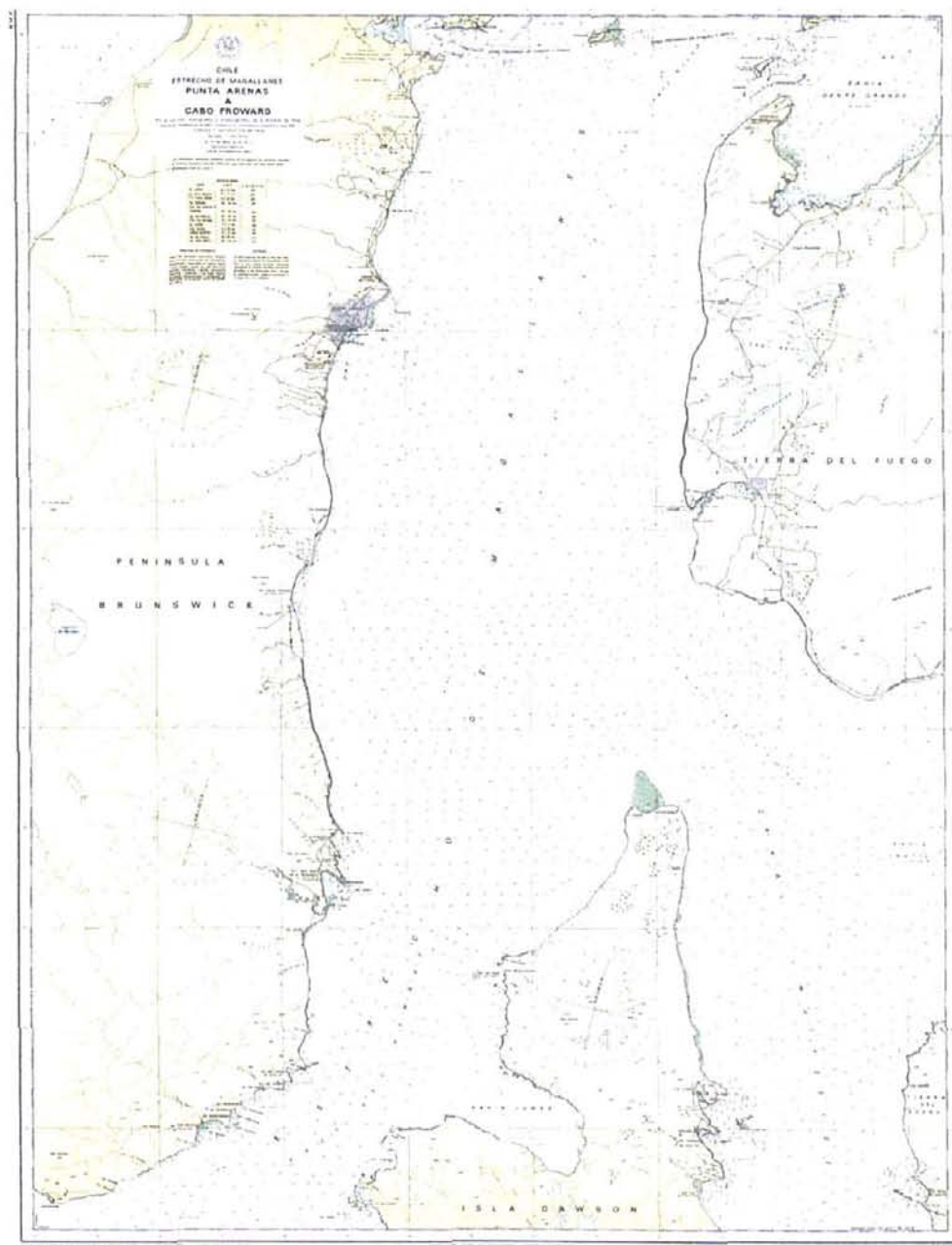
## CANAL TRINIDAD A ESTRECHO DE MAGALLANES



Fuente: Carta CUARTERÓN 10000. SHOA



### CARTA DESDE PUNTA ARENAS A CABO FROWARD



Fuente: Carta CUARTERÓN 14000. SHOA

## BOCA ORIENTAL DEL ESTRECHO DE MAGALLANES



Fuente: Carta CUARTERÓN 13000. SHOA

## **ANEXO 2**

### **DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO ECONÓMICO COSTES DIRECTOS**

#### **A.2.1.- OBTENCIÓN COSTES DIRECTOS PARA LA TERMINAL**





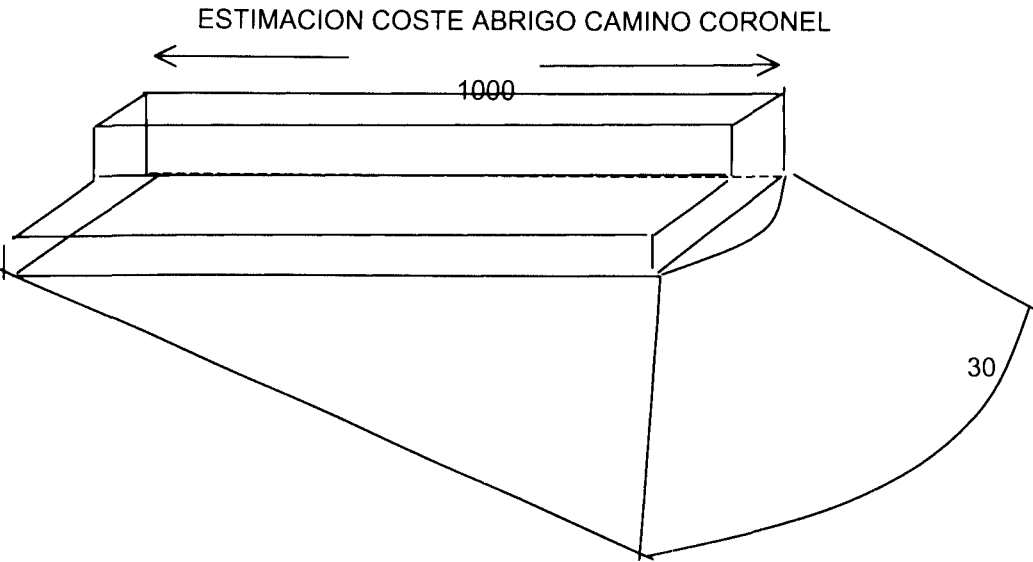
## CALCULO DEL VALOR PRESENTE COSTES DIRECTOS

FLUJO DE DINERO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACION							
			<b>Localidad</b>				
INVERSION	Puerto de Lirquén	Puerto de Talcahuano	Puerto de San Vicente	Puerto de Coronel	Bahía de Concepción	Bahía de San Vicente	Camino a Coronel
DIQUE DE ABRIGO			20.000.000				35.794.669
ACCESO CARRETERA					829.796	585.813	571.413
ACCESO LINEAS FERREA					31.917.840	23.977.519	4.054.716
ATRAQUE (14,32 m- 47 pie)	35.066.667	71.366.667	16.916.667	22.966.667	91.533.333	71.366.667	27.000.000
DRAGADO AÑO 0 (14,32 m)	219.600	3.557.520	0	0	3.557.520	1.405.440	36.600
SUPERFICIE	0	2.450.000	1.680.000	0	900.000	900.000	750.000
CONEXIÓN							
ALCANTARILLADO	0	0	0	0	37.182	27.397	27.397
CONEXIÓN AGUA POTABLE	0	0	0	0	497.065	105.675	46.967
CONEXIÓN ENERGIA	0	0	0	0	127.202	225.049	107.632
CONEXIÓN COMUNICACIÓN	0	0	0	0	103.718	201.566	84.149
<b>SUB TOTAL</b>	<b>35.286.267</b>	<b>77.374.187</b>	<b>38.596.667</b>	<b>22.966.667</b>	<b>129.503.655</b>	<b>98.795.125</b>	<b>68.473.543</b>
NO OPERACIÓN	151.118	151.118	100.745	201.490	151.118	100.745	0
CONCESIÓN	0	0	0	0	100.000	100.000	90.000
DRAGADO AÑO 10 (14,32m)	219.600	3.557.520	0	0	3.557.520	1.405.440	36.600

## CALCULO DEL VALOR PRESENTE COSTES DIRECTOS

	VALOR PRESENTE DE COSTES DIRECTOS					
	INVERSION	NO OPERACIÓN	CONCESION	DRAGADO	TOTAL VP	R
Puerto de Lirquén	35.286.267	1.852.538	0	387.965	<b>37.526.770</b>	2
Puerto de Talcahuano	77.374.187	1.852.538	0	6.285.029	<b>85.511.754</b>	5
Puerto de San Vicente	38.596.667	1.235.026	0	0	<b>39.831.692</b>	3
Puerto de Coronel	22.966.667	2.470.051	0	0	<b>25.436.718</b>	1
Bahía de Concepción	129.503.655	1.852.538	1.225.891	6.285.029	<b>138.867.113</b>	7
Bahía de San Vicente	98.795.125	1.235.026	1.225.891	2.482.974	<b>103.739.016</b>	6
Camino a Coronel	68.473.543	0	1.103.302	64.661	<b>69.641.505</b>	4

COSTE DIQUE DE ABRIGO



DIQUE	largo	profundidad	ancho	veces	
rectangulo	1200	33	20		792.000
trapecio	1200	33	16,5	2	1.306.800
morro	16,5	33	53	2	28.859
volumen					1.063.829
Nº Camiones					132.979
Coste por camion	flete incluido		US\$		157
coste material y flete				US\$	20.818.576

### COSTE DIQUE DE ABRIGO

#### HORMIGÓN

	largo	altura	ancho	
ESPALDÓN	1200	6	4	28.800
EXPLANADA	1200	27	0,2	6.480
OTROS	20%			7.056

TOTAL HORMIGÓN 42.336

COSTE M3 PUESTO EN OBRA US\$ 88

**COSTE TOTAL HORMIGÓN US\$ 3.728.219**

ACERO POR M 114,6 m acero/m dique  
 TOTAL ACERO EN DIQUE 137.520 m de acero  
 COSTE POR M US\$ 5,22

**COSTE TOTAL ACERO US\$ 717.652**

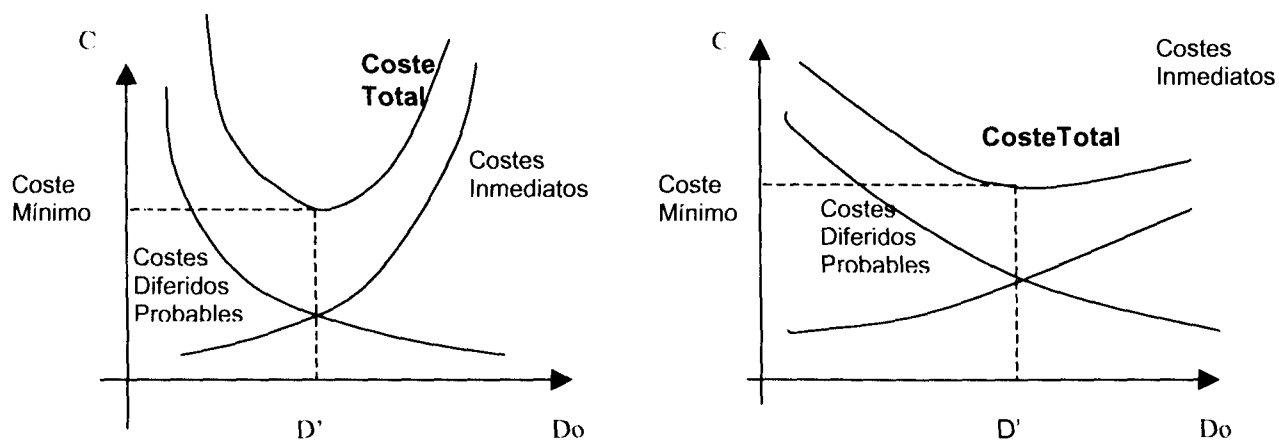
MANO OBRA 15% OBRA US\$ 3.789.667

IMPREVISTOS 10% US\$ 2.905.411

OVERHEAD 12% US\$ 3.835.143

**TOTAL COSTE OBRA DE ABRIGO CAMINO A CORONEL US\$ 35.794.669**

### GRÁFICO EXPLICATIVO CRITERIO DECISIÓN SELECCIÓN ALTERNATIVA CONFIGURACIÓN DIQUE DE ABRIGO



## COSTES POR ACCESO RODOVIARIO Y FERROVIARIO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN

### COSTE ACCESO LINEA FERREA Y VIAL EN US\$

Localidad	COSTE ACCESO LINEA FERREA FERROVIARIO (US\$)	COSTE ACCESO RODOVIARIO (US\$)
Puerto de Lirquén	0	0
Puerto de Talcahuano	0	0
Puerto de San Vicente	0.	0
Puerto de Coronel	0	0
Bahía de Concepción	31.917.840	829.796
Bahía de San Vicente	23.977.519	585.813
Camino a Coronel	4.054.716	571.413

Localidad	LONGITUD INSTALACION NUEVA NUEVA m	LONGITUD CAMINO ACCESO m
Puerto de Lirquén	0	0
Puerto de Talcahuano	0	0
Puerto de San Vicente	0.	0
Puerto de Coronel	0	0
Bahía de Concepción	8.000	300
Bahía de San Vicente	6.000	200
Camino a Coronel	1.000	200

COSTE UNITARIO POR SUPERFICIE (US\$/m2)	COSTE UNITARIO POR SUPERFICIE (CH\$/m2)	COSTE UNITARIO POR SUPERFICIE (UF/m2)
35	17885	0,99
70	35770	1,99
60	30660	1,70
35	17885	0,99
18	9198	0,51
18	9198	0,51
15	7665	0,43

**COSTES POR ACCESO RODOVIARIO Y FERROVIARIO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN**

**COSTE UNITARIO ACCESO PARA BAHIA CONCEPCION**

ITEM	LINEA FÉRREA	ACCESO CARRETERA
TERRENO	360	360
LINEAS FÉRREAS	326	
DURMIENTES	391	
SUBRAZANTE,RAZANTE	881	528
HORMIGON		616
RIPIO CON FLETE	470	39
MANO OBRA	881	489
20% OVERHEAD	662	407
<b>COSTE UNITARIO (US\$/m)</b>	<b>3.970</b>	<b>2.440</b>

**COSTE UNITARIO ACCESO PARA BAHIA DE SAN VICENTE**

ITEM	LINEA FÉRREA	ACCESO CARRETERA
TERRENO	360	360
LINEAS FÉRREAS	326	
DURMIENTES	391	
SUBRAZANTE,RAZANTE	881	528
HORMIGON		616
RIPIO CON FLETE	470	39
MANO OBRA	881	489
20% OVERHEAD	662	407
<b>COSTE UNITARIO (US\$/m)</b>	<b>3.970</b>	<b>2.440</b>

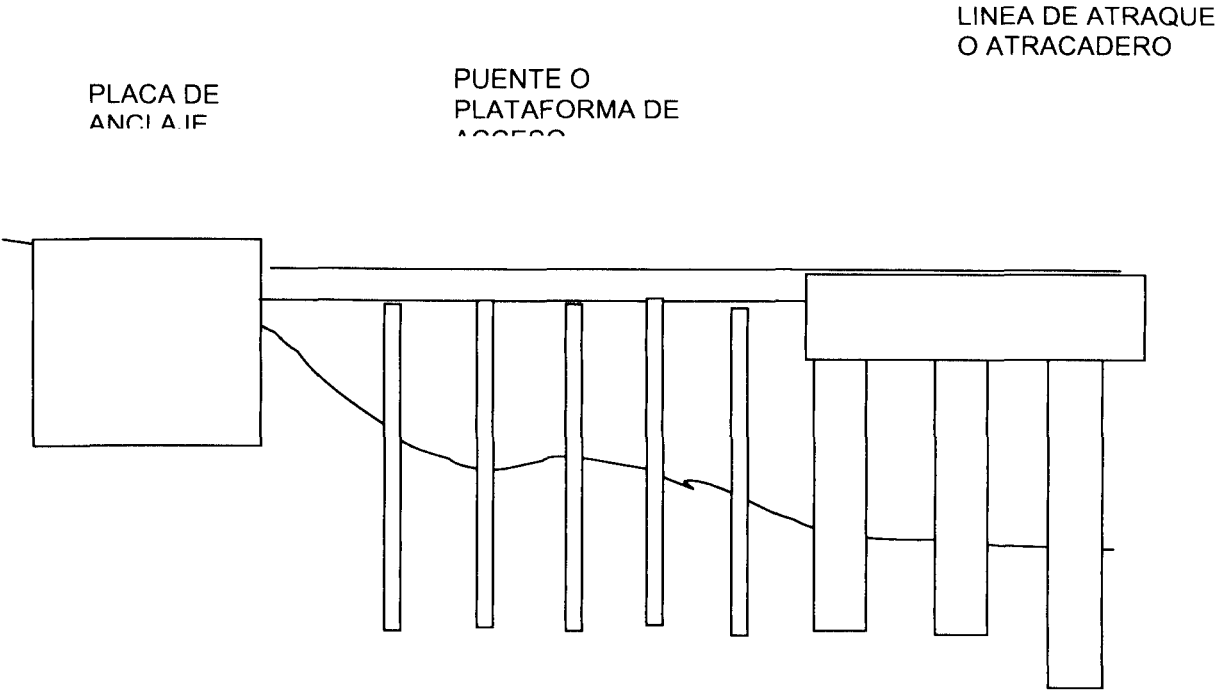
**COSTE UNITARIO ACCESO PARA CAMINO A CORONEL**

TERRENO	300	300
LINEAS FÉRREAS	326	
DURMIENTES	391	
SUBRAZANTE,RAZANTE	881	528
HORMIGON		616
RIPIO CON FLETE	470	39
MANO OBRA	881	489
20% OVERHEAD	650	395
<b>COSTE UNITARIO (US\$/m)</b>	<b>3.898</b>	<b>2.368</b>

**PERMISOS E INVERSIONES UNICAS**

PASOS FERREOS	156.556	
AUTORIZACIONES		97.847

COSTES POR CONSTRUCCIÓN LÍNEA DE ATRAQUE



COSTE PARA AMPLIACION  
LARGO PUENTE \* COSTO PUENTE+ LARGO ATRAQUE \* COSTO ATRAQUE + 10% POR CADA METRO

CUADRO COSTES LINEAS DE ATRAQUE

	12,2m (40 p)	14,32 (47p)	18,3m (60p)
Puerto de Lirquén	24.983.333	35.066.667	51.200.000
Puerto de Talcahuano	51.200.000	71.366.667	131.866.667
Puerto de San Vicente	10.866.667	16.916.667	31.033.333
Puerto de Coronel	18.933.333	22.966.667	49.183.333
Bahía de Concepción	51.200.000	91.533.333	131.866.667
Bahía de San Vicente	31.033.333	71.366.667	121.783.333
Camino a Coronel	20.950.000	27.000.000	35.066.667

**COSTES POR CONSTRUCCIÓN LÍNEA DE ATRAQUE**

COSTE PARA CONSTRUCCION

COSTE PARA AMPLIACION+ SUPERFICIE PLACA ANCLAJE \* COSTE UNITARIO PLACA ANCLAJE

CUADRO PERFIL COSTA CON DRAGADO

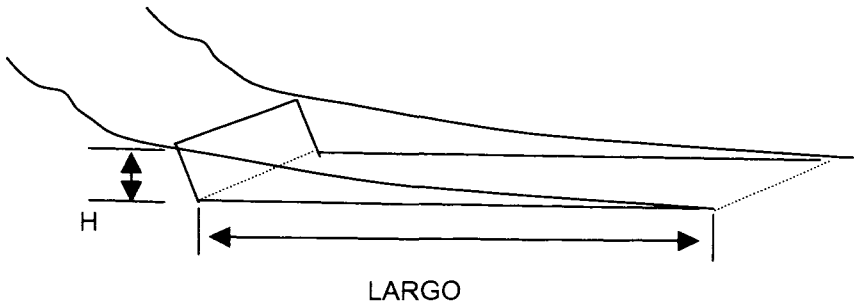
CUADRO PERFIL COSTA SIN DRAGADO

	PROF	PROF	PROF		PROF	PROF	PROF
	12,2m (40 p)	14,32 (47p)	18,3m (60p)		12,2m (40 p)	14,32 (47p)	18,3m (60p)
Puerto de Lirquén	350	600	1000	Puerto de Lirquén	350	600	1000
Puerto de Talcahuano	1000	1500	3000	Puerto de Talcahuano	1500	3000	5500
Puerto de San Vicente		150	500	Puerto de San Vicente		150	500
Puerto de Coronel	200	300	950	Puerto de Coronel	200	300	950
Bahía de Concepción	1000	2000	3000	Bahía de Concepción	2000	3000	5000
Bahía de San Vicente	500	1500	2750	Bahía de San Vicente	500	1500	2750
Camino a Coronel	250	400	600	Camino a Coronel	250	400	600

COSTE METRO LINEAL ATRACADERO	55.000
COSTE METRO LINEAL PUENTE	36.667
COSTE POR PROFUNDIDAD	3.667
COSTE UNITARIO PLACA DE ANCLAJE	12.000



COSTES POR DRAGADO



CUADRO PERFIL COSTA			CON DRAGADO				
	PROF	PROF	PROF		12,2m (40 p)	14,32 (47p)	18,3m (60p)
	12,2m (40 p)	14,32 (47p)	18,3m (60p)	Puerto de Lirquén	150	300	400
Puerto de Lirquén	350	600	1000	Puerto de Talcahuano	1300	2700	4900
Puerto de Talcahuano	1500	3000	5500	Puerto de San Vicente	0	0	900
Puerto de San Vicente	0	0	1500	Puerto de Coronel	0	0	350
Puerto de Coronel	200	300	950	Bahía de Concepción	1800	2700	4400
Bahía de Concepción	2000	3000	5000	Bahía de San Vicente	300	1200	2150
Bahía de San Vicente	500	1500	2750	Camino a Coronel	50	100	0
Camino a Coronel	250	400	600		200	300	600

PROFUNDIDAD \* LARGO \* ANCHO /2 \* COSTO DRAGADO M3  
PROFUNDIDAD = DIFERENCIA ENTRE PROFUNDIDAD PROYECTADA Y  
REQUERIDA

ANEXO 2: DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO ECONÓMICO COSTES DIRECTOS

**COSTES POR DRAGADO**

**COSTE DRAGADO CADA 10 AÑOS**

	12,2m (40 p)	14,32 (47p)	18,3m (60p)
Puerto de Lirquén	94.114	219.600	234.240
Puerto de Talcahuano	1.649.440	3.557.520	6.391.025
Puerto de San Vicente	0	0	790.560
Puerto de Coronel	0	0	188.779
Bahía de Concepción	2.371.680	3.557.520	5.668.608
Bahía de San Vicente	263.520	1.405.440	2.460.851
Camino a Coronel	14.640	36.600	0

**PROFUNDIDAD A DRAGAR LADO COSTA**

2,6	3,1	2,4
5,3	5,5	5,4
		3,7
0,0	0,0	2,2
5,5	5,5	5,4
3,7	4,9	4,8
1,2	1,5	0,0

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Puerto de Lirquén	219.600										109.847			
Puerto de Talcahuano	3.557.520										1.779.515			
Puerto de San Vicente	0										0			
Puerto de Coronel	0										0			
Bahía de Concepción	3.557.520										1.779.515			
Bahía de San Vicente	1.405.440										703.018			
Camino a Coronel	36.600										18.308			
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		<b>TOTAL</b>
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Puerto de Lirquén								58.518						<b>329.447</b>
Puerto de Talcahuano								947.994						<b>5.337.035</b>
Puerto de San Vicente								0						<b>0</b>
Puerto de Coronel								0						<b>0</b>
Bahía de Concepción								947.994						<b>5.337.035</b>
Bahía de San Vicente								374.516						<b>2.108.458</b>
Camino a Coronel								9.753						<b>54.908</b>

## COSTES POR SUPERFICIE REQUERIDA

Super- ficie Actual  (ha)	Super- ficie Adicional Requerida (ha)	Super- ficie Reserva (ha)	Super-ficie Adquirir Terceros  (ha)	Coste  por  m2  (US\$)	Coste  Super-ficie  (Mill.) (US\$)	Coste  Concesión  (Mill.) (US\$/año)
62	5	10	0	35	0	0
22	5	1,5	3,5	70	2,45	0
22	5	2,2	2,8	60	1,68	0
80	5	30	0	35	0	0
200	5	200	5	18	0,9	0,1
200	5	200	5	18	0,9	0,1
100	5	100	5	15	0,75	0,09

## COSTES POR CONEXIÓN SERVICIOS

	DISTANCIA	DISTANCIA	DISTANCIA	DISTANCIA
	ALCANTARILLADO	AGUA POTABLE	ENERGIA	COMUNICACIONES
Puerto de Lirquén	0			
Puerto de Talcahuano	0			
Puerto de San Vicente	0			
Puerto de Coronel	0			
Bahía de Concepción	300	5000	500	500
Bahía de San Vicente	200	1000	1000	1000
Camino a Coronel	200	400	400	400

	ALCANTARILLADO	AGUA POTABLE	ENERGIA	COMUNICACIONES	
CH\$	4.000.000	4.000.000	15.000.000	3.000.000	26.000.000
DOLARES	7.828	7.828	29.354	5.871	50.881
Bahía de Concepción	29.354	489.237	97.847	97.847	0
Bahía de San Vicente	19.569	97.847	195.695	195.695	0
Camino a Coronel	19.569	39.139	78.278	78.278	0

## COSTES POR CONEXIÓN SERVICIOS

Localidad	COSTE RED ALCANTARILLADO (US\$)	COSTE RED AGUA POTABLE (US\$)	COSTE RED ENERGIA ELECTRICA (US\$)	COSTE RED COMUNICACIONES (US\$)
Puerto de Lirquén	0	0	0	0
Puerto de Talcahuano	0	0	0	0
Puerto de San Vicente	0	0	0	0
Puerto de Coronel	0	0	0	0
Bahía de Concepción	37.182	497.065	127.202	103.718
Bahía de San Vicente	27.397	105.675	225.049	201.566
Camino a Coronel	27.397	46.967	107.632	84.149

## COSTES POR NO OPERACIÓN

									NO OPERACIÓN					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Puerto de Lirquén	151.118	133.234	125.103	117.467	110.298	103.566	97.245	91.310	85.737	80.504	75.591	70.977	66.645	
Puerto de Talcahuano	151.118	133.234	125.103	117.467	110.298	103.566	97.245	91.310	85.737	80.504	75.591	70.977	66.645	
Puerto de San Vicente	100.745	88.823	83.402	78.312	73.532	69.044	64.830	60.873	57.158	53.670	50.394	47.318	44.430	
Puerto de Coronel	201.490	177.646	166.804	156.623	147.064	138.088	129.660	121.747	114.316	107.339	100.788	94.637	88.861	
Bahía de Concepción	151.118	133.234	125.103	117.467	110.298	103.566	97.245	91.310	85.737	80.504	75.591	70.977	66.645	
Bahía de San Vicente	100.745	88.823	83.402	78.312	73.532	69.044	64.830	60.873	57.158	53.670	50.394	47.318	44.430	
Camino a Coronel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		TOTAL
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Puerto de Lirquén	62.578	58.759	55.172	51.805	48.643	45.674	42.887	40.269	37.812	35.504	33.337	31.302		1.308.796
Puerto de Talcahuano	62.578	58.759	55.172	51.805	48.643	45.674	42.887	40.269	37.812	35.504	33.337	31.302		1.308.796
Puerto de San Vicente	41.719	39.172	36.782	34.537	32.429	30.450	28.591	26.846	25.208	23.669	22.225	20.868		872.531
Puerto de Coronel	83.437	78.345	73.563	69.073	64.858	60.899	57.182	53.692	50.415	47.338	44.449	41.736		1.745.062
Bahía de Concepción	62.578	58.759	55.172	51.805	48.643	45.674	42.887	40.269	37.812	35.504	33.337	31.302		1.308.796
Bahía de San Vicente	41.719	39.172	36.782	34.537	32.429	30.450	28.591	26.846	25.208	23.669	22.225	20.868		872.531
Camino a Coronel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0

## COSTE POR CANON CONCESIÓN

TASA INTERS AÑO

6,5

CONCESION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Puerto de Lirquén	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerto de Talcahuano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerto de San Vicente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puerto de Coronel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bahía de Concepción	100.000	88.166	82.785	77.732	72.988	68.533	64.351	60.423	56.735	53.273	50.021	46.968	44.102
Bahía de San Vicente	100.000	88.166	82.785	77.732	72.988	68.533	64.351	60.423	56.735	53.273	50.021	46.968	44.102
Camino a Coronel	90.000	79.349	74.506	69.959	65.689	61.680	57.916	54.381	51.062	47.945	45.019	42.271	39.692

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		TOTAL
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Puerto de Lirquén	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Puerto de Talcahuano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Puerto de San Vicente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Puerto de Coronel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Bahía de Concepción	41.410	38.883	36.510	34.281	32.189	30.224	28.380	26.648	25.021	23.494	22.060	20.714		866.077
Bahía de San Vicente	41.410	38.883	36.510	34.281	32.189	30.224	28.380	26.648	25.021	23.494	22.060	20.714		866.077
Camino a Coronel	37.269	34.994	32.859	30.853	28.970	27.202	25.542	23.983	22.519	21.145	19.854	18.642		779.470





## **ANEXO 2**

### **DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO ECONÓMICO COSTES DIRECTOS**

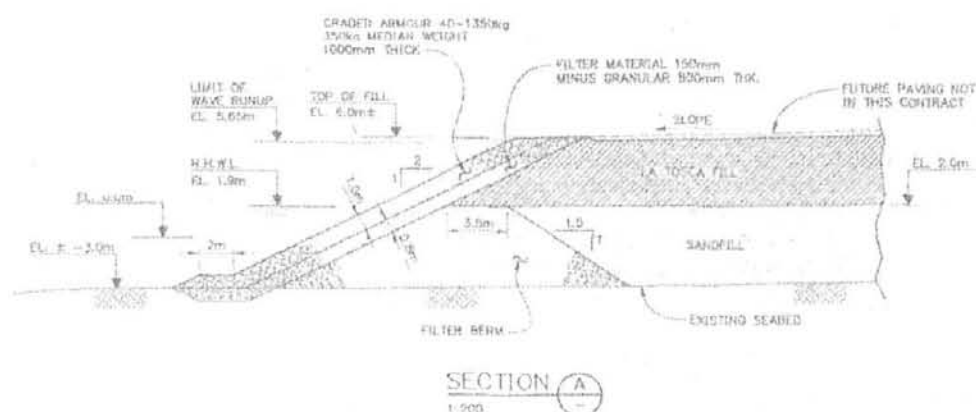
#### **A.2.2.- DATOS TÉCNICOS**





The initial step is the construction of a rock containment berm that extends from the sea bed up to +2m N.R.S. The purpose of the berm is to contain the sand that is placed between the berms. This berm has such dimensions, that trucks can ride over it to enable end dumping. The sand layer is also filled up to +2m N.R.S. and compacted to prevent liquefaction of the sand layer if seismic activity would occur. For this layer sand is used from a river nearby called the Bio Bio river. On top of the sand layer the area is filled up to +6m N.R.S., with Tosca sand, to reach the level of the current harbour site. A layer of sand and a layer of slag would be placed on top to create a base for the pavement.

After this, two layers are used to create the dike revetment. The first layer consists of 80 cm of filter material with an average thickness of 150 mm. This material is also used for the containment berm. The top layer is 100 cm thick and consists of rock of a weight between 40 and 1350 kg. The dike revetment is placed from ground level up to +6,0m N.R.S.



The top layer filling is realized by using the so called Tosca sand fill. This material was achieved by excavating the hill that was located at the current stacking area. That hill was sufficient to completely fill the expansion area and had to be disposed if it wasn't used for the expansion. The disposal of excess material offsite costs about \$1860 per m<sup>3</sup>, so using it was less expensive. The expansion is not realized and the material is placed on another part of the harbour terrain to be used for the new expansion plan. For the new design this sand will be used by the harbour and this is taken into account for the cost estimate.

The quantities per alternative are calculated by the using the early design. The length and average depth of the dike are important for the costs of the revetment and the containment berm. The area is the same for each alternative and the expense posts that are depending on the area are equal for each alternative. Furthermore the depth of the area, at which the expansion is planned, is of great importance for the sand and soil filling.



In the next table a complete overview is given of all costs for the land expansion.

COST ESTIMATION LAND					
Inflation rate		1,551328216			
Compaction factor		1,3			
Length filter berm		800			
Perimeter		1160			
		A	B	C	D
Data					
Area	(sqm)	100000	100000	100000	100000
Perimeter	(m)	810	1180	860	980
Average depth	(m below E.L.)	3,5	7	1	4
Needed dredging	(m3)				
Filling top layer	(m3)	400000	400000	400000	400000
Needed sandfilling	(m3)	550000	900000	300000	600000
Costs	Price per unit				
Perimeter					
Supply and place armour rock		22969	\$ 492.996.125	\$ 982.216.961	\$ 411.571.956
Supply and place filter layer		15513	\$ 1.646.620.264	\$ 5.447.236.127	\$ 899.736.642
Area		138000			
Dredging	(\$../m3) + start costs				
Supply and place sandfill		2792	\$ 1.996.559.414	\$ 3.267.097.223	\$ 1.089.032.408
Excavate and place soil		2867	\$ 954.089.192	\$ 954.089.192	\$ 954.089.192
Supply and place stabilizing sand		3878	\$ 726.021.605	\$ 726.021.605	\$ 726.021.605
Mix and spread yellow and red sand fills		1008	\$ 272.661.447	\$ 272.661.447	\$ 272.661.447
Supply, place and compact sand sub-base		3878	\$ 137.708.483	\$ 137.708.483	\$ 137.708.483
Supply, place and compact slag base		10859	\$ 275.416.966	\$ 275.416.966	\$ 275.416.966
Dispose of excess material offsite		1862	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Area lighting		3878	\$ 191.105.650	\$ 191.105.650	\$ 191.105.650
Water supply and Fire protection		10859	\$ 104.546.032	\$ 104.546.032	\$ 104.546.032
Storm drainage			\$ 158.505.274	\$ 158.505.274	\$ 158.505.274
Sanitary drainage			\$ 8.431.132	\$ 8.431.132	\$ 8.431.132
Vibro compaction		1978	\$ 1.087.868.911	\$ 1.780.149.128	\$ 593.383.043
Miscellaneous			\$ 109.042.635	\$ 109.042.635	\$ 109.042.635
Subtotal			\$ 8.161.573.130	\$ 14.414.227.855	\$ 5.931.252.465
Indirect costs (15%)			\$ 1.224.235.970	\$ 2.162.134.178	\$ 889.687.870
Profit (10%)			\$ 816.157.313	\$ 1.441.422.785	\$ 593.125.246
Total			\$ 10.201.966.413	\$ 18.017.784.819	\$ 7.414.065.581
Total contingency (15%)			\$ 1.530.294.962	\$ 2.702.667.723	\$ 1.112.109.837
Grand total			\$ 11.732.261.375	\$ 20.720.452.541	\$ 8.526.175.418
Grand total in USD			\$ 22.226.506	\$ 39.254.433	\$ 16.152.648



In the next table a complete overview is given of all costs for the land expansion.

COST ESTIMATION LAND					
Inflation rate		1,551328216			
Compaction factor		1,3			
Length filter berm		800			
Perimeter		1180			
		A	B	C	D
Data					
Area	(sqm)	100000	100000	100000	100000
Perimeter	(m)	810	1180	860	980
Average depth	(m below E.L.)	3,5	7	1	4
Needed dredging	(m3)				
Filling toplayer	(m3)	400000	400000	400000	400000
Needed sandfilling	(m3)	550000	900000	300000	600000
Costs	Price per unit				
Perimeter					
Supply and place armour rock		22969	\$ 492.996.125	\$ 982.216.961	\$ 411.571.956
Supply and place filter layer		15513	\$ 1.646.620.264	\$ 5.447.236.127	\$ 899.736.642
Area		138000			
Dredging	(\$ /m3) + start costs				
Supply and place sandfill		2792	\$ 1.996.559.414	\$ 3.267.097.223	\$ 1.089.032.408
Excavate and place soil		2867	\$ 954.089.192	\$ 954.089.192	\$ 954.089.192
Supply and place stabilizing sand		3878	\$ 726.021.605	\$ 726.021.605	\$ 726.021.605
Mix and spread yellow and red sand fills		1008	\$ 272.661.447	\$ 272.661.447	\$ 272.661.447
Supply place and compact sand sub-base		3878	\$ 137.708.483	\$ 137.708.483	\$ 137.708.483
Supply place and compact slag base		10859	\$ 275.416.966	\$ 275.416.966	\$ 275.416.966
Dispose of excess material offsite		1862	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Area lighting		3878	\$ 191.105.650	\$ 191.105.650	\$ 191.105.650
Water supply and Fire protection		10859	\$ 104.546.032	\$ 104.546.032	\$ 104.546.032
Storm drainage			\$ 158.505.274	\$ 158.505.274	\$ 158.505.274
Sanitary drainage			\$ 8.431.132	\$ 8.431.132	\$ 8.431.132
Vibro compaction		1978	\$ 1.087.868.911	\$ 1.780.149.128	\$ 593.383.043
Miscellaneous			\$ 109.042.635	\$ 109.042.635	\$ 109.042.635
Subtotal			\$ 8.161.573.130	\$ 14.414.227.855	\$ 5.931.252.465
Indirect costs (15%)			\$ 1.224.235.970	\$ 2.162.134.178	\$ 889.687.870
Profit (10%)			\$ 816.157.313	\$ 1.441.422.785	\$ 593.125.246
Total			\$ 10.201.966.413	\$ 18.017.784.819	\$ 7.414.065.581
Total contingency (15%)			\$ 1.530.294.962	\$ 2.702.667.723	\$ 1.112.109.837
Grand total			\$ 11.732.261.375	\$ 20.720.452.541	\$ 8.526.175.418
Grand total in USD			\$ 22.226.506	\$ 39.254.433	\$ 16.162.648



## Appendix G Own weight and wave forces

### Own weight:

The own weight of the pier is built up from the concrete deck, the steel profiles and the piles. An estimation of the weight of the current pier will be used to calculate the first needed profiles. With these loads, the new construction will be calculated.

#### *Concrete slab deck (350mm):*

The deck thickness is equal over the entire pier area.

$$0,35 \times 24 = 8,4 \text{ kN/m}^2$$

#### *Steel beams:*

Height 1000mm width 450 mm 25 mm thick

$$A = (950 + 2 \times 450) \times 25 = 46250 \text{ mm}^2$$

Weight of steel: 78 kN/m<sup>3</sup>

$$\text{Own weight beams} = 46250 \times 10^{-6} \times 78 = 3,6 \text{ kN/m}$$

#### *Piles:*

For the piles of the new construction a diameter of 50 inch will be the first estimation. Because fewer piles will be used, they have to be bigger. The diameter of the piles will be around 1280 mm and the thickness around 25 mm.

$$A = (1267,5 \times \pi) \times 25 = 99550 \text{ mm}^2$$

$$\text{Own weight piles} = 99550 \times 10^{-6} \times 78 = 7,76 \text{ kN/m length}$$

### Wave forces on jetty

The waves in the Concepción bay produce a force on the columns that have to be taken into account in the design. In this Appendix this force will be calculated Baars (par. 14, 2003).

$$F_{\max} = F_I + F_D = C_I K_I H \rho g \frac{\pi D^2}{4} + C_D K_D H^2 \frac{1}{2} \rho g D$$

$$M_{\max} = F_I d S_I + F_D d S_D$$

$C_I$  = coefficient;

$C_D$  = dragging coefficient;

$K_I$  = correction factor for the force of inertia;

$K_D$  = correction factor for the dragging force;

$S_I$  = place correction factor for the force of inertia;

$S_D$  = place correction factor for the dragging force.

$C_I$  is about 2,0 and  $C_D$  is about 1,2. The other factors follow from design graphs. They are related to

$$\frac{d}{gT^2} \text{ and } \frac{H}{H_b}$$

$d$  = depth of the water (m);

$T$  = wave period;

$H$  = (maximum) wave height (m);

$H_b$  = wave height while breaking.



## Appendix M Calculations regarding dike design

### Calculation wave run-up for waves entering from the north (open sea)

All research on wave run-up for irregular waves, especially shallow foreshores and wide spectra, has been summarized in the following expression:

$$\frac{R_{m,2\%}}{H_{m_0}} = \min \left\{ \begin{array}{l} A \gamma_s \gamma_r \gamma_p \xi_0 \\ \gamma_r \gamma_p \left( B - \frac{C}{\sqrt{\xi_0}} \right) \end{array} \right\}$$

For values of  $\xi_0 < 1.8$  the lower equation in the "min" statement is valid, for the other values the upper one becomes the minimum. The values for A, B and C which have to be used in case of a deterministic calculation are:

$$A = 1.75$$

$$B = 4.3$$

$$C = 1.6$$

The formula is valid in the range  $0.5 < \gamma_s \xi_0 < 10$ .

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_0} L_0}, \text{ with } \alpha \text{ is the outer slope of the dike, } H \text{ the local wave height and}$$

$$L_0 = L_{op} = \frac{g T_p^2}{2\pi} \text{ in case of irregular waves.}$$

$$\text{So, in this case } L_{op} = \frac{8 \cdot 5^2}{2\pi} = 39.03m \text{ and } \xi_p = \frac{1/3.5}{\sqrt{1.8 \cdot 39.03}} = 1.33 \rightarrow \text{plunging breakers}$$

This means that the upper equation is valid.

The other correction factors are described below

#### Roughness

The roughness reduction factor depends on the smoothness of the slope:

For asphalt or smooth concrete blocks	$\gamma_r = 1$
For grass slopes	$0.95 < \gamma_r < 1$
For rubble slope, one layer of riprap	$\gamma_r = 0.7$
For rubble slope, two layers of riprap	$\gamma_r = 0.55$

In this case a roughness factor of 0.55 is taken.

#### Angle of attack

When the wave attack is not perpendicular to the slope ( $\beta \neq 0$ ), a reduction factor is applied.

For long-crested waves, like swell or ship waves,  $\gamma_\beta = \sqrt{\cos \beta}$  with a minimum of 0.7. For

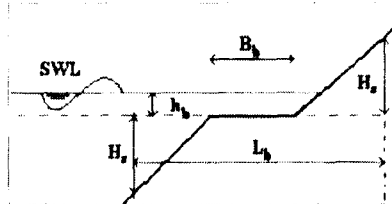


short-crested waves (wind waves, which are not unidirectional like swell):  
 $\gamma_H = 1 - 0.0022\beta$  ( $\beta$  in degrees) with a minimum of 0.8.

It is clear that the angle of attack is far from perpendicular, in case of northern storms. Due to refraction the angle relative to the slope will decrease. Although this effect will also decrease the wave height, the maximum reduction factor for the angle of wave attack  $\gamma_H$  is taken to 0.8 (wind waves).

#### Berm

A "berm" reduces the wave run-up. The figure at the right gives the parameters which play a role in the berm reduction factor,  $\gamma_H$ .



At both sides of the berm, the slope is intersected at a vertical distance  $H_s$  from the horizontal centre plane of the berm, giving a length  $L_b$ .  $h_b$  is the distance between SWL (Still Water Level) and the berm level (can be negative or positive),  $\gamma_H$  finally becomes:

$$\gamma_H = 1 - \frac{B_b}{L_b} \left[ 0.5 + 0.5 \cos \left( \pi \frac{h_b}{x} \right) \right]$$

$x = z_{sw}$  for  $z_{sw} > -h_b > 0$  (berm above SWL)

$x = 2H_s$  for  $2H_s > h_b \geq 0$  (berm above SWL)

with limits:  $0.6 < \gamma_H < 1$ . So, a berm on SWL is most efficient.

In this case firstly no berm is assumed, so the reduction factor is 1.

#### Wave run-up preliminary design

The wave steepness and the assumed slope of the revetment result in a  $\xi$ -value of 1.33. The next equation has to be used to determine the wave run-up:

$$R_{w,sw} = A \gamma_b \gamma_r \gamma_H \xi_{s0} \cdot H_s = 1.75 \cdot 1.0 \cdot 0.55 \cdot 0.8 \cdot 1.33 \cdot 1.8 = 1.84m$$

The results for all directions are:

Direction	Angle	Hs	Tp	Run up
North	---	1.8	5	1.84
Northwest	70	1.5	4.6	1.55
West	25	1.0	3.8	1.24
Southwest	-20	0.7	3.3	0.92

Conclusion: waves from the north are normative.



## **ANEXO 3**

### **DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO ECONÓMICO COSTES EXTERNOS**

#### **A.3.1.- MÉTODOS DE OBTENCIÓN COSTES DE TRANSPORTE HACIA Y DESDE HINTERLAND**

### HINTERLAND DEL PUERTO $i$ ( $HL_i$ )

Es aquella zona geográfica en que se localizan los centros generadores de carga que se transportan al puerto  $i$ .

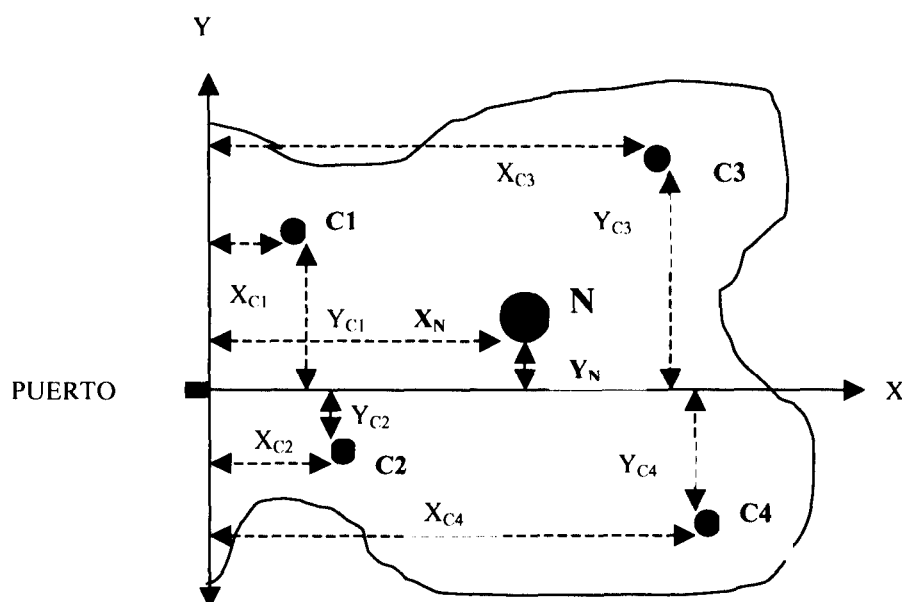
### CENTRO GRAVITACIONAL DEL HINTERLAND DEL PUERTO $i$ ( $N_i$ )

Es el punto geométrico que representa la posición media de los centros de generación de carga que se transportan al puerto  $i$ .

Existen varias formas de obtención de la posición de  $N_i$ .

#### Gravitacional simple:

Supone que las cargas generadas en los distintos centros del hinterland son idénticas. Por lo tanto, el punto gravitacional que representa al conjunto de los centros generadores de carga se localiza en el par de coordenadas resultante de sus medias aritméticas. Su forma de obtención se representa en la siguiente figura:



Donde:

$X_N$  : coordenada en eje X considerando el producto cartesiano con origen en el puerto.

$Y_N$  : coordenada en eje Y considerando el producto cartesiano con origen en el puerto.

$NC$  : número de centros generadores de carga en el hinterland.

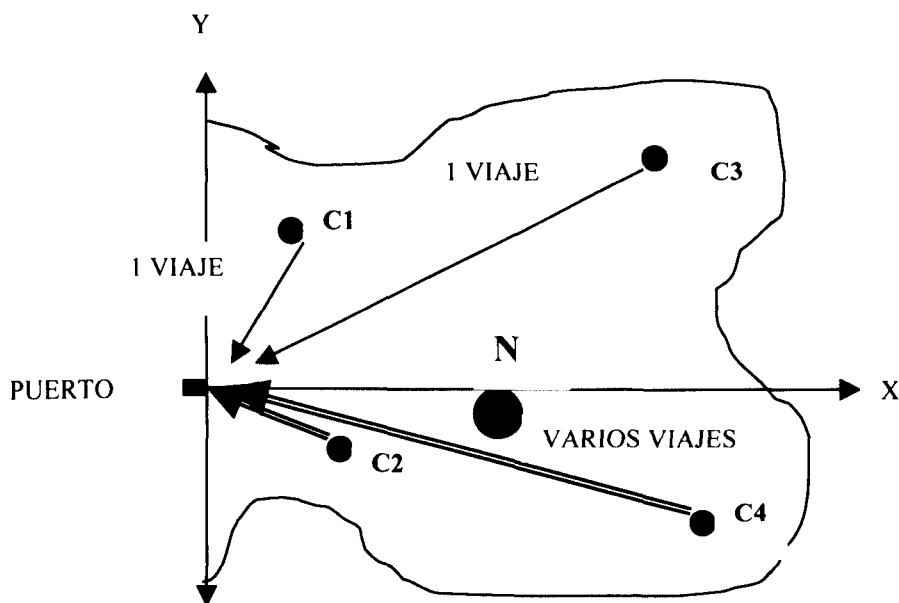
Se obtiene según las fórmulas siguientes:

$$X_N : (X_{C1} + X_{C2} + X_{C3} + X_{C4}) / NC$$

$$Y_N : (Y_{C1} + Y_{C2} + Y_{C3} + Y_{C4}) / NC$$

**Gravitacional según número de viajes:**

Supone que las cargas generadas en los distintos centros difieren en su peso y dimensiones. Por lo tanto, los equipos de transporte terrestre de carga deben efectuar varios viajes desde los centros generadores de carga hacia el puerto según sea el volumen y peso a transportar. Desde esta perspectiva, el punto gravitacional del hinterland representante de la posición del conjunto de centros generadores de carga se localiza en aquel par de coordenadas resultante de la media ponderada según el número de viajes de las equipos de transporte. Su forma de obtención se representa en la siguiente figura:



Donde:

$NVC_i$  : Número de viajes del centro  $i$  al puerto

$NTV$  : Número total de viajes de todos los centros al puerto

Se obtiene según las siguientes fórmulas:

$$X_N : (X_{C1} * NVC_1 + X_{C2} * NVC_2 + X_{C3} * NVC_3 + X_{C4} * NVC_4) / NTV$$

$$Y_N : (Y_{C1} * NVC_1 + Y_{C2} * NVC_2 + Y_{C3} * NVC_3 + Y_{C4} * NVC_4) / NTV$$

Es la distancia media cardinal recorrida por las unidades de transporte terrestre desde los centros al puerto.

**Gravitacional según el peso económico de la carga:**

Supone que los costos de transporte desde los centros generadores de carga al puerto son distintos. Por lo tanto, el punto gravitacional que representa al conjunto de los centros generadores de carga se localiza en las coordenadas resultantes de la media ponderada según los correspondientes costos de transporte. Su forma de obtención se representa según la siguiente fórmula:

Donde:

CTCi : Costo de transporte del centro i al puerto

CTT : Costo de transporte total

Se obtiene según las siguientes fórmulas:

$$X_N : (X_{C1} * CTC_1 + X_{C2} * CTC_2 + X_{C3} * CTC_3 + X_{C4} * CTC_4) / CTT$$

$$Y_N : (Y_{C1} * CTC_1 + Y_{C2} * CTC_2 + Y_{C3} * CTC_3 + Y_{C4} * CTC_4) / CTT$$

Es la distancia media cardinal resultante de la media ponderada de los costos correspondientes a los recorridos efectuados por las unidades de transporte terrestre desde los centros al puerto.

**DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE TERRESTRE DESDE EL HINTERLAND I AL PUERTO I (DM<sub>HLi</sub>)**

Representa la media de las distancias desde los centros generadores de carga del hinterland al puerto correspondiente. De una forma simplificada, es similar a la distancia desde el centro gravitacional del hinterland al puerto. Recordando que el centro gravitacional puede obtenerse a través de los métodos antes descritos, según el grado de complejidad deseada, debemos considerar que para cada método seleccionado las coordenadas del centro gravitacional del hinterland son distintas (en la gran mayoría de los casos lo es), entonces las distancias medias de transporte terrestre serán diferentes.

Su fórmula de obtención es:

$$DM_{HL} : ((X_N - X_P)^2 + (Y_N - Y_P)^2)^{1/2}$$

Donde:

Xp : valor correspondiente a la coordenada representante del puerto.

Yp : valor correspondiente a la abscisa representante del puerto.

En caso de referenciar el sistema de ejes coordenados en el puerto, sus valores serán cero.

**Interpretación de DMTT según el método del centro gravitacional simple:**

Que no es otra cosa que la media aritmética de las distancias euclidianas desde los centros generadores de carga hasta el puerto. O sintetizando, desde el centro gravitacional obtenido por el método simple hasta el puerto.

**Mediante el método del centro gravitacional según número de viajes:**

Representa la media de las distancias recorridos por los equipos de transporte durante los viajes efectuados para transportar la carga entre los centros generadores de carga y el puerto.

**Mediante el método gravitacional según el peso económico de la carga:**

Representa la distancia media resultante de la operación matemática sobre el total de costos de transporte terrestre desde los centros generadores de carga dividida por el costo de transporte por unidad de distancia. De esta manera aquel centro que le corresponda un costo mayor, ya sea debido al tipo de carga, situación del terreno, número de viajes, pesará más que otro centro que este a la misma distancia del puerto pero cuyo costo de transporte sea menor.



## **ANEXO 3**

### **DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO ECONÓMICO COSTES EXTERNOS**

#### **A.3.2.- CÁLCULO DE COSTES DE TRANSPORTE HACIA Y DESDE HINTERLAND**





ANEXO 3: DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO COSTES EXTERNOS

	HOJA TOTAL SUMATORIA DE RESUMEN EXPORTACION						
	exportacion	PESO KG					
REGION	VALPARAISO	SAN ANTONIO	TALCAHUANO	SAN VICENTE	LIRQUEN	PUERTO MONTT	QUINTERO
	905	906	907	908	909	910	921
1	49.701	73.018	0	20.284	0	0	0
2	1.137.861	1.127.219	0	0	0	0	0
3	7.407.481	4.718.822	0	0	0	0	0
4	21.793.299	20.409.828	0	1.561.881	561.002	0	0
5	141.230.483	140.173.974	0	20.850	601.617	0	102.333.550
6	341.060.926	122.304.901	0	123.230	365.588	0	0
7	81.224.327	75.579.205	3.131.010	2.344.037	1.183.571	0	0
8	18.691.990	15.765.320	20.751.924	500.976.860	129.053.277	0	0
9	7.308.098	1.799.280	746.622	7.826.398	197.735.088	0	0
10	8.364.717	28.550.207	1.168.818	10.272.553	12.066.068	37.578.324	0
11	769.799	4.309.372	0	711.392	6.071.392	0	0
12	1.163.018	1.715.840	0	93.807	499.681	0	0
13	228.033.120	142.191.194	764.781	1.086.955	1.038.864	0	0
20	876.103	959.290	0	500	948.651	0	0
	<b>859.110.922</b>	<b>559.677.470</b>	<b>26.563.154</b>	<b>525.038.747</b>	<b>350.124.800</b>	<b>37.578.324</b>	<b>102.333.550</b>

	HOJA TOTAL SUMATORIA DE RESUMEN EXPORTACION						
CORONEL	CORRAL	VENTANAS	P.HACHADO	LIBERTADORES	C. SAMORE	AP. A.M. B.	TOTAL
926	930	948	949	965	967	992	
0	0	0	0	415.888	0	99.570	<b>658.461</b>
0	0	0	0	1.062.187	0	99.542	<b>3.426.810</b>
0	0	0	0	767.461	5.200	50.358	<b>12.949.324</b>
0	0	0	0	441.370	0	271.687	<b>45.039.072</b>
0	0	54.618.100	573	7.467.050	0	642.932	<b>447.089.134</b>
0	0	0	220.404	12.292.036	0	1.908.325	<b>478.275.416</b>
36.675.294	0	0	276.372	8.930.022	0	1.846.276	<b>211.190.121</b>
448.442.362	0	0	199.602	18.264.094	86.222	1.407.627	<b>1.153.639.285</b>
3.672.000	0	0	0	1.031.722	106.674	146.650	<b>220.372.543</b>
0	102.353.860	0	0	1.336.513	3.992.356	17.489.883	<b>223.173.309</b>
0	0	0	0	60.356	34.863	1.617.607	<b>13.574.792</b>
0	0	0	0	6.010	0	94.794	<b>3.573.163</b>
578.623	0	3.098.300	0	27.011.771	74.192	5.226.072	<b>409.103.884</b>
0	0	0	220.977	1.327.955	234	112.334	<b>4.446.064</b>
<b>489.368.279</b>	<b>102.353.860</b>	<b>57.716.400</b>	<b>917.927</b>	<b>80.414.435</b>	<b>4.299.741</b>	<b>31.013.657</b>	<b>3.226.511.267</b>

MATRIZ DE FLETES ORIGEN DESTINO							
	LIRQUEN	PENCO	SAN VICENTE	SVTI	CORONEL	SAN ANTONIO	VLPO.
TALCA	196350	196350	196350	197000	205700	238000	280000
CHILLAN	83180	83180	86000	86500	125000	260000	298000
LOS ANGELES	100000	100000	100000	100000	100000	250000	290000
TEMUCO	240000	240000	240000	240000	240000	405000	440000
PTO. MONTT	360000	360000	360000	360000	360000	510000	545000

MARTIZ DE FLETES ESTIMADA A PARTIR DE MATRIZ FLETE ORIGEN DESTINO					
REGION		TALCAHUANO	SAN VICENTE	LIRQUEN	CORONEL
1	IQUIQUE	950.000	950.000	950.000	950.000
2	ANTOFAGASTA	896.000	896.350	890.000	905.700
3	COPIAPO	696.000	696.350	690.000	705.700
4	LA SERENA	540.000	540.000	530.000	550.000
5	VALPARAISO	395.000	396.350	390.000	405.700
6	RANCAGUA	296.000	296.350	290.000	305.700
7	TALCA	196.000	196.350	190.000	205.700
8	LOS ANGELES	100.000	100.000	105.000	90.000
9	TEMUCO	240.000	240.000	240.000	225.000
10	PTO. MONTT	360.000	360.000	360.000	350.000
11	COIHAIQUE	650.000	650.000	650.000	650.000
12	PUNTA ARENAS				
13	INTERNACIONAL	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000
20	SANTIAGO	395.000	396.350	390.000	405.700
		6.914.000	6.918.100	6.875.000	6.949.200

TABLA TONELADAS AL AÑO PARA OBTENER NUMERO DE CAMIONES AL AÑO						
REGION	TALCAHUANO	SAN VICENTE	LIRQUEN	CORONEL	ton año 2006	camiones año 2005
1	0	84	0	0	84	3
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	6.500	2.364	0	8.864	295
5	0	87	2.535	0	2.622	87
6	0	513	1.541	0	2.054	68
7	20.274	9.754	4.988	0	35.016	1.167
8	134.370	2.084.738	543.871	0	2.762.980	92.099
9	4.834	32.568	833.318	0	870.721	29.024
10	7.568	42.748	50.850	81.186	182.352	6.078
11	0	2.960	25.587	0	28.547	952
12	0	390	2.106	0	2.496	83
13	4.952	4.523	4.378	0	13.853	462
20	0	2	3.998	0	4.000	133
	171.998	2.184.868	1.475.536	81.186	3.913.588	130.453

**ANEXO 3: DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO COSTES EXTERNOS**

	<b>VALOR PRESENTE COSTES EXTERNOS TRANSPORTE</b>												
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Puerto de Lirquén	2.906.248	6.027.793	9.380.846	12.982.856	16.852.602	20.798.069	25.025.924	29.556.783	34.412.783	39.617.697	45.006.525	50.772.948	56.943.946
Puerto de Talcahuano	2.842.541	5.895.659	9.175.211	12.698.262	16.483.182	20.342.160	24.477.338	28.908.878	33.658.431	38.749.249	44.019.951	49.659.970	55.695.695
Puerto de San Vicente	2.842.645	5.895.874	9.175.546	12.698.725	16.483.783	#####	24.478.231	#####	33.659.658	38.750.662	44.021.556	49.661.780	55.697.726
Puerto de Coronel	2.643.935	5.483.733	8.534.144	11.811.042	15.331.511	18.920.865	22.767.121	26.889.031	31.306.735	36.041.861	#####	46.190.256	51.804.268
Bahía de Concepción	2.842.541	5.895.659	9.175.211	12.698.262	16.483.182	20.342.160	24.477.338	28.908.878	33.658.431	38.749.249	44.019.951	49.659.970	55.695.695
Bahía de San Vicente	2.842.645	5.895.874	9.175.546	12.698.725	16.483.783	#####	24.478.231	#####	33.659.658	38.750.662	44.021.556	49.661.780	55.697.726
Camino a Coronel	2.643.935	5.483.733	8.534.144	11.811.042	15.331.511	18.920.865	22.767.121	26.889.031	31.306.735	36.041.861	#####	46.190.256	51.804.268
TASA INTERES	6.50												
AÑO		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Puerto de Lirquén		63.548.448	70.617.474	77.941.388	85.765.684	94.125.131	#####	112.600.910	#####	#####	144.153.730	156.101.858	#####
Puerto de Talcahuano		62.155.422	#####	76.232.858	83.885.640	92.061.842	100.797.855	110.132.620	119.764.783	#####	#####	#####	165.145.377
Puerto de San Vicente		62.157.688	69.072.008	76.235.638	#####	92.065.199	#####	110.136.635	119.769.150	#####	#####	#####	165.151.398
Puerto de Coronel		57.812.658	#####	70.906.511	78.024.598	85.629.533	93.755.165	102.437.715	111.396.885	120.951.787	131.142.624	142.012.331	#####
Bahía de Concepción		62.155.422	#####	76.232.858	83.885.640	92.061.842	100.797.855	110.132.620	119.764.783	#####	#####	#####	165.145.377
Bahía de San Vicente		62.157.688	69.072.008	76.235.638	#####	92.065.199	#####	110.136.635	119.769.150	#####	#####	#####	165.151.398
Camino a Coronel		57.812.658	#####	70.906.511	78.024.598	85.629.533	93.755.165	102.437.715	111.396.885	120.951.787	131.142.624	142.012.331	#####
													<b>TOTAL</b>
													<b>571.539.187</b>
													<b>534.948.909</b>
													<b>563.858.106</b>
													<b>539.922.969</b>
													<b>534.948.909</b>
													<b>342.619.020</b>
													<b>318.668.803</b>

**ANEXO 3: DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO COSTES EXTERNOS**

	VALOR PRESENTE COSTES EXTERNOS TRANSPORTE													
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Puerto de Lirquén	2.906.248	5.659.899	8.270.710	10.747.845	13.099.917	15.180.112	17.151.120	19.019.974	20.793.277	22.477.228	23.976.148	25.397.250	26.745.595	
Puerto de Talcahuano	2.842.541	5.535.830	8.089.410	10.512.245	12.812.758	14.847.353	16.775.155	18.603.043	20.337.474	21.984.512	23.450.574	24.840.525	26.159.313	
Puerto de San Vicente	2.842.645	5.536.032	8.089.705	10.512.628	12.813.225	14.847.894	16.775.767	18.603.721	20.338.215	21.985.313	23.451.429	24.841.430	26.160.267	
Puerto de Coronel	2.643.935	5.149.045	7.524.207	9.777.760	11.917.537	13.809.977	15.603.085	17.303.259	18.916.506	#####	21.812.095	23.104.931	24.331.577	
Bahía de Concepción	2.842.541	5.535.830	8.089.410	10.512.245	12.812.758	14.847.353	16.775.155	18.603.043	20.337.474	21.984.512	23.450.574	24.840.525	26.159.313	
Bahía de San Vicente	2.842.645	5.536.032	8.089.705	10.512.628	12.813.225	14.847.894	16.775.767	18.603.721	20.338.215	21.985.313	23.451.429	24.841.430	26.160.267	
Camino a Coronel	2.643.935	5.149.045	7.524.207	9.777.760	11.917.537	13.809.977	15.603.085	17.303.259	18.916.506	#####	21.812.095	23.104.931	24.331.577	
AÑO		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL
Puerto de Lirquén		28.025.931	29.242.713	30.305.679	31.312.651	32.267.273	33.172.964	34.032.931	34.750.648	35.428.482	#####	36.674.744	37.247.898	211.425.323
Puerto de Talcahuano		27.411.583	28.601.693	29.641.357	30.626.255	31.559.952	32.445.790	33.286.905	#####	34.651.865	35.278.376	35.870.808	36.431.398	206.790.732
Puerto de San Vicente		27.412.583	28.602.735	#####	30.627.372	31.561.102	32.446.973	33.288.119	33.990.129	34.653.128	35.279.662	35.872.116	36.432.726	206.798.272
Puerto de Coronel		25.496.351	#####	27.570.332	28.486.416	29.354.876	30.178.821	30.961.168	31.614.105	32.230.758	32.813.496	33.364.535	33.885.957	192.342.380
Bahía de Concepción		27.411.583	28.601.693	29.641.357	30.626.255	31.559.952	32.445.790	33.286.905	#####	34.651.865	35.278.376	35.870.808	36.431.398	206.790.732
Bahía de San Vicente		27.412.583	28.602.735	#####	30.627.372	31.561.102	32.446.973	33.288.119	33.990.129	34.653.128	35.279.662	35.872.116	36.432.726	206.798.272
Camino a Coronel		25.496.351	#####	27.570.332	28.486.416	29.354.876	30.178.821	30.961.168	31.614.105	32.230.758	32.813.496	33.364.535	33.885.957	192.342.380

	<b>VALOR PRESENTE DE COSTES EXTERNOS</b>			
	<b>VP</b>	<b>VP</b>	<b>TOTAL VP</b>	
	<b>TOTAL</b>	<b>DIFERENCIAL</b>	<b>100 MILL.</b>	<b>R</b>
	<b>(US\$)</b>	<b>(US\$)</b>	<b>US\$</b>	
Puerto de Lirquén	609.956.271	65.053.768	<b>0,6505</b>	7
Puerto de Talcahuano	596.585.604	51.683.101	<b>0,5168</b>	4
Puerto de San Vicente	596.607.355	51.704.852	<b>0,5170</b>	5
Puerto de Coronel	554.902.503	10.000.000	<b>0,1000</b>	1
Bahía de Concepción	596.585.604	51.683.101	<b>0,5168</b>	3
Bahía de San Vicente	596.607.355	51.704.852	<b>0,5170</b>	6
Camino a Coronel	554.902.503	10.000.000	<b>0,1000</b>	2



## **ANEXO 3**

### **DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO ECONÓMICO COSTES EXTERNOS**

#### **A.3.3.- DATOS DE EXPORTACIÓN E IMPORTACIÓN ESTUDIO CORFO PARA PLATAFORMA LOGÍSTICA DE LA VIII REGIÓN**

**(CORPORACIÓN DE FOMENTO, ESTADO DE CHILE)**





TABLA 4

*Exportaciones Chilenas por sector económico, 2000-2003 (millones de US\$ FOB)*

Sector económico	2000	2001	2002	2003
Minería	8.020,8	7.256,4	7.073,6	8.460,6
Agricultura, fruticultura, ganadería, silvicultura y pesca extractiva	1.693,0	1.727,2	1.763,9	1.976,7
Industria	7.968,1	7.980,0	8.213,8	9.369,7
Otros (incl. Bienes adquiridos en puerto)	188,1	168,8	131,0	92,1
Zona franca	997,3	875,9	738,7	845,3
Oro No Monetario	343,0	263,5	256,2	301,5
<b>Exportaciones (FOB)</b>	<b>19.210,3</b>	<b>18.271,8</b>	<b>18.177,2</b>	<b>21.046</b>

*Fuente: Balanza de pagos 2003. Banco Central de Chile*

TABLA 5

*Principales productos exportados por sector económico, 2000-2003 (millones de US\$ FOB)*

Sectores/principales productos	2000	2001	2002	2003
<b>Minería</b>	<b>8.020,8</b>	<b>7.256,4</b>	<b>7.073,6</b>	<b>8.460,6</b>
Cobre	7.284,5	6.536,5	6.281,8	7.502,5
Salitre y yodo	206,9	194,3	191,2	210,1
Óxido y ferromolibdeno	178,7	174,6	245,7	346,5
<b>Agropecuaria-silvícola y pesquero</b>	<b>1.693,0</b>	<b>1.727,2</b>	<b>1.763,9</b>	<b>1.976,8</b>
Sector frutícola	1.368,2	1.433,4	1.491,5	1.677,3
Uvas	677,3	661,7	669,1	725,6
Otros Agropecuarios	246,7	227,6	213,1	244,5
<b>Industriales</b>	<b>7.968,1</b>	<b>7.980,0</b>	<b>8.213,8</b>	<b>9.369,7</b>
Celulosa blanqueada	923,5	649,9	683	768,6
Salmón y truchas	943,8	937,2	962	1.126,6
Vino	580,5	595,1	608,5	678
Basas y madera aserrada de pino insignie	320,7	331,9	387,9	451,5
Metanol	323,5	330,1	329,8	446,4

*Fuente: Balanza de pagos 2003. Banco Central de Chile*

El cobre, en cualquiera de sus presentaciones, es uno de los productos principales de las exportaciones chilenas representando en promedio el 36% del monto total de las exportaciones, para el periodo 2000-2003. Lo siguen en importancia los siguientes productos

TABLA 6

*Importaciones Chilenas según tipo de bienes, periodo 2000-2003 (millones de US\$ CIF)*

Tipo de Bienes	2000	2001	2002	2003
Bienes de consumo	3.076,2	2.898,4	2.836,2	3.166,7
Bienes intermedios	10.520,2	9.951,0	9.634,2	10.956,2
Bienes de capital	3.430,0	3.549,3	3.470,2	3.667,9
Otros (incluye bienes adquiridos en puerto)	286,2	296,2	268,6	330,2
Zona franca	1.152,7	1.104,2	986,6	1.291,6
Oro No monetario	0	0	0	0
<b>Importaciones (CIF)</b>	<b>18.465,3</b>	<b>17.799,1</b>	<b>17.195,8</b>	<b>19.412,6</b>
Fletes y seguros	1.373,9	1.370,9	1.274,9	1.381,8
<b>Importaciones (FOB)</b>	<b>17.091,4</b>	<b>16.428,2</b>	<b>15.920,9</b>	<b>18.030,8</b>

*Fuente: Balanza de pagos 2003. Banco Central de Chile*

TABLA N° 7

*Exportaciones por categoría de producto para área de estudio (FOB-US\$) año 2003*

Clasificación	US\$ FOB
Agroindustria	1.451.673.291,72
Cobre y sus derivados	1.518.718.255,02
Manufacturas	854.266.249,63
Otros	1.613.032.001,2
Productos del mar	674.363.682,2
Productos forestales y derivados	1.595.210.645,7
<b>Total general</b>	<b>7.707.264.125,47</b>

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

TABLA 8

*Exportaciones por categoría de productos (TON) para área de estudio Año 2003*

Clasificación	TON
Agroindustria	1.482.928,90
Cobre y sus derivados	1.511.896,05
Manufacturas	605.872,38
Otros	2.350.099,56
Productos del mar	582.474,31
Productos forestales y derivados	4.560.268,17
<b>Total general</b>	<b>11.093.539,37</b>

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales puertos de embarques para productos agroindustriales del área de estudio (2003)*

<b>Puerto de embarque</b>	<b>US\$</b>
SAN ANTONIO	643.350.808,73
VALPARAISO	565.159.734,15
AEROP.A.M.BENITEZ	74.265.164,31
SAN VICENTE	62.003.031,81
Otros	106.894.552,72
Total general	1.451.673.291,72

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales puertos de embarques para productos de cobre y sus derivados del área de estudio (2003)*

<b>Puerto de embarque</b>	<b>US\$</b>
SAN ANTONIO	638.773.791,54
VALPARAISO	502.027.052,30
VENTANAS	297.243.086,87
Otros	80.674.324,31
Total general	1.518.718.255,02

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales puertos de embarques para productos manufacturados del área de estudio (2003)*

<b>Puerto de embarque</b>	<b>US\$</b>
SAN ANTONIO	303.241.217,26
VALPARAISO	169.336.036,54
LOS LIBERTADORES	153.952.901,68
AEROP.A.M.BENITEZ	114.522.508,26
SAN VICENTE	78.717.171,38
LIRQUEN	20.967.707,16
Otros	13.528.707,35
Total general	854.266.249,63

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales puertos de embarques para "otros" productos del área de estudio (2003)*

Puerto de embarque	US\$
AEROP.A.M.BENITEZ	440.581.505,89
VALPARAISO	343.347.124,04
SAN ANTONIO	259.031.583,78
SAN VICENTE	227.236.337,44
QUINTERO	205.138.473,21
LOS LIBERTADORES	112.235.096,97
Otros	25.461.879,87
Total general	1.613.032.001,20

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales puertos de embarques para productos forestales y sus derivados del área de estudio (2003)*

Puerto de embarque	US\$
CORONEL	499.903.508,2
LIRQUEN	425.548.112,5
SAN VICENTE	353.183.182,8
SAN ANTONIO	154.214.243,3
LOS LIBERTADORES	70.897.578,26
Otros	91.464.020,64
Total general	1.595.210.645,7

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales productos exportados por puertos del área de estudio (2003)*

Nombre producto	US\$
Cobre y sus derivados	1.648.815.779,06
Celulosa	1.014.580.552,29
Aceites de petróleo	356.818.985,83
Oro en bruto	283.606.838,79
Harina de pescado	215.429.998,74
Carne porcina congelada	149.890.706,97
Madera aserrada o desbastada longitudinalmente, cortada o desenrollada de espesor superior a 6 mm, de pino insigne	132.676.616,44
Vino	128.961.946,39
Uvas frescas	127.876.338,57
Otros	3.781.282.978,83
Total general	7.707.264.125,47

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales productos exportados por puertos del área de estudio, excluyendo cobre, celulosa y petróleo (2003)*

Nombre producto	US\$
Oro en bruto	283.606.838,79
Harina de pescado	215.429.998,74
Carne porcina congelada	149.890.706,97
Madera aserrada o desbastada longitudinalmente, cortada o desenrollada de espesor superior a 6 mm, de pino insigne	132.676.616,44
Vino	128.961.946,39
Uvas frescas	127.876.338,57
Otros	3.781.282.978,83
Total general	4.819.725.424,73

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales productos embarcados por paso fronterizo Cardenal Samore (2003)*

Nombre producto	US\$
Filetes y demás carne fresca o refrigerada de salmón	28.880.035,46
Salmón fresco o refrigerado s/filete, hígado, huevas y lecha	26.308.688,63
Filetes y demás carne congelada de salmón	8.899.984,12
Productos lácteos	5.376.518,15
Salmón congelado s/filete, hígado, huevas y lecha	1.959.437,72
Preparaciones y conservas de cholgas, choritos y choros	1.437.951,50
Papel prensa en bobina (rollo) o en hojas	1.287.969,35
Máquinas de taladrar, escariar, fresar	1.256.298,09
Helados	1.155.642,50
Otros	9.127.072,25
Total general	85.689.597,77

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales productos embarcados por Puerto Coronel (2003)*

Nombre producto	US\$
Celulosa	1.762.079.830,34
Madera aserrada o desbastada longitudinalmente, cortada o desenrollada de espesor superior a 6 mm, de pino insigne	102.404.870,86
Maderas contrachapadas, chapadas y madera estratificada similar	44.599.318,93
Madera en bruto	22.073.771,03
Conservas de Jurel	20.101.824,91
Maderas perfiladas longitudinalmente de coníferas	17.055.094,71
Otros	72.744.078,65
Total general	2.041.058.789,43

Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis

*Principales productos embarcados por Puerto Lirquén (2003)*

Nombre producto	US\$
Celulosa	1.086.987.339,2
Harina de pescado	328.519.582,34
Madera aserrada o desbastada longitudinalmente, cortada o desenrollada de espesor superior a 6 mm, de pino insigne	319.937.184,27
Salmón congelado s/filete, hígado, huevas y lecha	106.814.684,96
Preparación y Conservas de otros moluscos	105.066.533,06
Conservas de Jurel	104.042.919,20
Papel prensa en bobina (rollo) o en hojas	54.745.580,83
Otros	612.369.375,60
Total general	2.718.483.199,46

Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis

*Principales productos embarcados por puerto San Vicente (2003)*

Nombre producto	US\$
Celulosa	527.467.166,48
Aceites de petróleos	450.944.797,64
Maderas perfiladas longitudinalmente de coníferas	237.459.224,62
Madera aserrada o desbastada longitudinalmente, cortada o desenrollada de espesor superior a 6 mm, de pino insigne	221.897.816,71
Harina de pescado	177.317.274,80
Papel prensa en bobina (rollo) o en hojas	138.988.734,35
Puertas, marcos, contramarcos y umbrales	132.643.499,74
Tableros de fibra de madera u otras materias leñosas, incluso aglomeradas con resinas o demás aglutinantes orgánicos	129.490.750,88
Polímeros	102.331.561,57
Maderas contrachapadas, chapadas y madera estratificada similar	96.850.291,88
Productos laminados de acero	93.925.145,89
Muebles	83.069.157,00
Otros	955.908.977,51
Total general	3.348.294.399,07

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*

*Principales productos embarcados por Puerto Talcahuano (2003)*

Nombre producto	US\$
Harina de pescado	158.506.995,93
Barcos, embarcaciones y remolcadores	90.493.557,66
Celulosa	77.124.298,98
Salmón congelado s/filete, hígado, huevos y lecha	32.268.673,73
Papel prensa en bobina (rollo) o en hojas	27.562.623,19
Conservas de Jurel	21.772.976,70
Otros	194.457.647,53
Total general	602.186.773,72

*Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis*



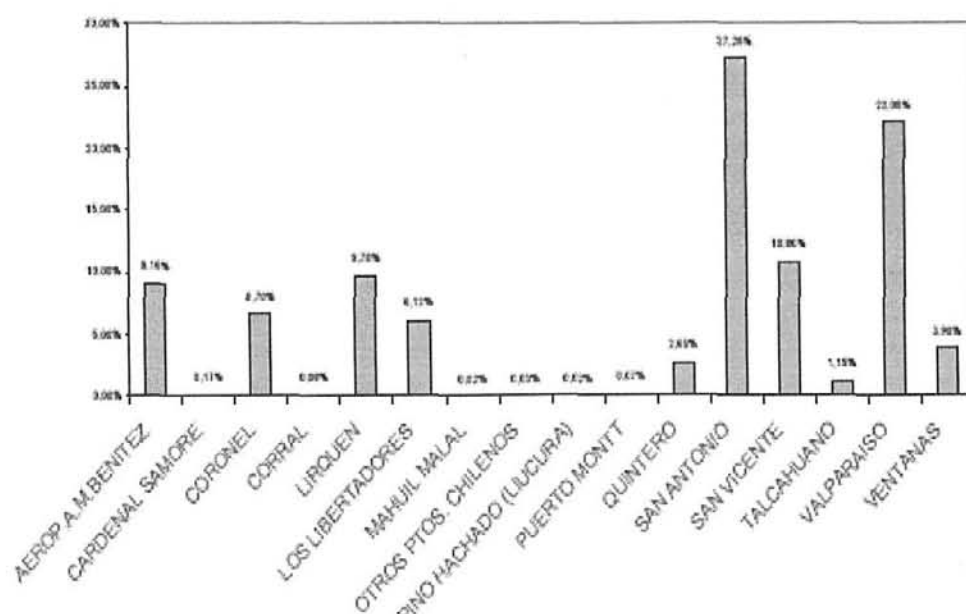
FOB Año 2003, totalidad puntos de embarque zona de estudio

Puerto	FOB/año
AEROP.A.M.BENITEZ	706.030.105
CARDENAL SAMORE	12.815.254
CORONEL	516.023.482
CORRAL	6.504.090
LIRQUEN	754.150.453
LOS LIBERTADORES	471.666.028
MAHUIL MALAL	1.172.596
OTROS PTOS. CHILENOS	2.035.199
PINO HACHADO (LIUCURA)	1.331.143
PUERTO MONTT	5.316.707
QUINTERO	205.138.473
SAN ANTONIO	2.102.393.014
SAN VICENTE	832.191.750
TALCAHUANO	88.722.159
VALPARAISO	1.701.450.568
VENTANAS	300.323.104
TOTAL GENERAL	7.707.264.125

Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis

GRAFICO 33

FOB Año 2003, totalidad puntos de embarque zona de estudio



Fuente: Elaboración propia en base a información de Lexis Nexis



# **ANEXO 3**

## **DETERMINACIÓN DEL VALOR PRESENTE PARA EL CRITERIO ECONÓMICO COSTES EXTERNOS**

### **A.3.4.- DATOS DE EXPORTACIÓN E IMPORTACIÓN DE LEXIS-NEXIS**



### DETALLE DE CAMPOS PARA PLANILLAS CON INFORMACIÓN DE ADUANA BAJADA DE LEXIS NEXIS

Campos planilla exportaciones	Campos planilla importaciones
Nº	Nº
Fecha	Fecha Acep.
Rut	Rut
Empresa	Empresa
Posicion	Posicion
Producto	Producto
Pais Destino	Pais Origen
Aduana	Pais Compra
Fob (US\$)	Aduana
Unidad de Medida	Clf (US\$)
Cantidad	Fob (US\$)
Peso Bruto	Flete
Nombre Mercaderia	Seguro
Marca	Un.Medida
Puerto Embarque	Cantidad
Puerto Desembarque	Peso Bruto
Cia Transporte	Marca
Tipo Carga	Nombre Mercaderia
Tipo Bulto	Puerto Embarque
C. Bultos	Puerto Desembarque
Mes	Tipo de Carga
	Tipo de Bulto
	Cant.Bultos
	Moneda
	Mes
	Compania Transporte
	Pais Cia.Transporte
	Fecha Manifiesto
	Prec.Uni.Fob
	Almacenista

## Categoría de productos exportados año 2003 entre la V y X región

Capítulo	Nombre producto	Códigos arancelarios de productos
1	Animales vivos	Todas
2	Carne bovina fresca o refrigerada	0201.xxxx
2	Carne bovina congelada	0202.xxxx
2	Carne porcina fresca o refrigerada	0203.1xxx
2	Carne porcina congelada	0203.2xxx
2	Carne ovina fresca o refrigerada	0204.1xxx al 0204.2xxx
2	Carne ovina congelada	0204.3xxx al 0204.4xxx
2	Carne de otras especies animales	0204.5xxx y 0205.xxxx
2	Despojos comestibles de animales diversas especies	0205.xxxx
2	Carne de gallo/gallina fresca o refrigerada	0207.11xx y 0207.13xx
2	Carne de gallo/gallina congelada	0207.12xx y 0207.14xx
2	Carne de pavo fresca o refrigerada	0207.24xx y 0207.26xx
2	Carne de pavo congelada	0207.25xx y 0207.27xx
2	Otras aves fresca o refrigerada	0207.32xx y 0207.34xx y 0207.35xx
2	Otras aves congelada	0207.33xx y 0207.36xx
2	Carnes no tradicionales fresca, refrigerada o congelada	0208.xxxx
2	Todino fresca, refrigerada o congelada	0209.xxxx
2	Carnes y despojos diversas especies salado en salmuera, secos o ahumados	0210.xxxx
3	Peces vivos	0301.xxxx
3	Otros pescados fresco o refrigerado s/filete, hígado, huevas y lecha	0302.1900 y 0302.2xxx al 0302.4xxx y 0302.62xx al 0302.6918 y 0302.694x y 0304.695x y 0302.697x al 0302.699x
3	Truchas fresco o refrigerado s/filete, hígado, huevas y lecha	0302.11xx
3	Salmón fresco o refrigerado s/filete, hígado, huevas y lecha	0302.12xx
3	Mero y Bacalao fresco o refrigerado s/filete, hígado, huevas y lecha	0302.5xxx y 0302.6919
3	Sardinias fresco o refrigerado s/filete, hígado, huevas y lecha	0302.61xx y 0302.696x
3	Merluza fresco o refrigerado s/filete, hígado, huevas y lecha	0302.692x
3	Jurel fresco o refrigerado s/filete, hígado, huevas y lecha	0302.693x
3	Hígados, huevas y lechas	0302.7000

**FOB movilizado el 2003 por tipo de bulto en operaciones de exportación de las categorías de productos contempladas en el análisis de las cadenas logísticas.**

### Cadena de alimentos

TIPO BULTO	FOB	PORCENTAJE
Contenedor no refrigerado	203373648,8	53,41%
Sin especificación	123634766,6	32,47%
Contenedor refrigerado	35848745,28	9,68%
Otros	6008622,92	1,58%
Caja de cartón	4138062,88	1,09%
Pallets	2305042,04	0,61%
Granel sólido, nódulo	2029436,25	0,53%
Tambor	1399535,33	0,37%
Sacos	603017,86	0,16%
Granel líquido	120000	0,03%
Bidón	89617,47	0,02%
Cajón	84003,99	0,02%
Bolsa	42440,36	0,01%
Tableros	31410,11	0,01%
Botella de gas	15249,6	0,00%
Granel sólido, granos	6750	0,00%
Cajas de madera	4851,8	0,00%
Estanque	4830	0,00%
Paquete	4147,5	0,00%
Cajas de lata	3950	0,00%
Cajas no de madera	767,04	0,00%
Cubetes	520,57	0,00%
	380749406,4	100,00%

Cadena de las carnes

TIPO BULTO	FOB	PORCENTAJE
Contenedor no refrigerado	1.475.123,57	0,62%
Sin especificación	49.852.775,72	20,88%
Contenedor refrigerado	186.297.954,39	78,02%
Caja de cartón	10.451,75	0,00%
Pallets	156.985,62	0,07%
Tableros	950.606,57	0,40%
Botella de gas	33.891,06	0,01%
	238.787.788,68	100,00%

Cadena de la celulosa

TIPO BULTO	FOB	PORCENTAJE
Contenedor no refrigerado	39250888,3	4,45%
Sin especificación	194032018	22,00%
Pallets	1515687,56	0,17%
Paquete	4148885,47	0,47%
Bobinas	245642,43	0,03%
Fardo	642177454	72,82%
Rolls	521321,05	0,06%
	881903936	100,00%

Cadena de cereales y semillas

TIPO BULTO	FOB	PORCENTAJE
Contenedor no refrigerado	101192979	56,94%
Sin especificación	24751002,5	13,93%
Contenedor refrigerado	1109855,14	0,62%
Otros	375720,09	0,21%
Caja de cartón	7008710,04	3,94%
Pallets	17508602,8	9,85%

**Cadena de cobre y otros minerales**

TIPO BULTO	FOB	PORCENTAJE
Contenedor no refrigerado	260860834	15,48%
Sin especificación	414441211	24,59%
Contenedor refrigerado	1681832,34	0,10%
Otros	38034075,3	2,26%
Pallets	5510758,11	0,33%
Tambor	19922613,7	1,18%
Sacos	1564961,22	0,09%
Cajón	650	0,00%
Granel sólido, granos	75974716,2	4,51%
Cajas de madera	333346,27	0,02%
Paquete	164097832	9,74%
Atados	604378549	35,86%
Poivo	98400068,2	5,84%
	1685201448	100,00%

**Cadena de frutas frescas**

TIPO BULTO	FOB	PORCENTAJE
Contenedor no refrigerado	1.842.430,07	0,80%
Sin especificación	9.804.956,28	4,26%
Contenedor refrigerado	45.080.690,43	19,58%
Otros	2.346.569,49	1,02%
Caja de cartón	146.327.493,05	63,56%
Pallets	2.394.546,35	1,04%
Sacos	7.500,00	0,00%
Cajón	133.401,30	0,06%
Bolsa	1.071,10	0,00%
Tableros	72.331,00	0,03%
Botella de gas	1.201.768,94	0,52%
Cajas de madera	16.652.818,73	7,23%
Cajas no de madera	4.177.991,99	1,81%
Bandeja	139.424,45	0,06%
Fardo	7.000,00	0,00%
Sin Embalar	25.190,40	0,01%
	230.215.183,58	100,00%

**Cadena de frutas y hortalizas congeladas**

TIPO BULTO	FOB	PORCENTAJE
Contenedor no refrigerado	82844,61	0,21%
Sin especificación	4973851,17	12,32%
Contenedor refrigerado	33514923,1	83,01%
Otros	16042,5	0,04%
Caja de cartón	556306,96	1,38%
Pallets	49267,5	0,12%
Tableros	1178977,8	2,92%
Botella de gas	158	0,00%
	40372371,7	100,00%

**Cadena de harina de pescado**

Harina de pescado	FOB	PORCENTAJE
Contenedor no refrigerado	160548300	74,52%
Sin especificación	41382237,4	19,21%
Contenedor refrigerado	610426,53	0,28%
Otros	1001192,88	0,46%
Pallets	1430	0,00%
Sacos	7092370,35	3,29%
Bolsa	68776,13	0,03%
Alados	2799000	1,30%
Pelvo	1926265	0,89%
	215429999	100,00%

**Cadena de hidrocarburos**

TIPO BULTO	FOB	PORCENTAJE
Contenedor no refrigerado	316040,91	0,08%
Sin especificación	120921998	31,03%
Contenedor refrigerado	11585,26	0,00%
Otros	38319,92	0,01%
Caja de cartón	137245,39	0,04%
Pallets	589041,21	0,15%
Tambor	140335,94	0,04%



### Puertos de Embarque por Categoría de productos para el año 2003

ALIMENTOS	FOB	PORCENTAJE
SAN ANTONIO	204.091.407,85	53,60%
VALPARAISO	104.204.175,28	27,37%
SAN VICENTE	39.225.117,16	10,30%
LIRQUEN	19.345.745,61	5,08%
LOS LIBERTADORES	9.423.315,60	2,47%
AEROP.A.M.BENITEZ	2.935.540,21	0,77%
TALCAHUANO	1.489.231,62	0,39%
CARDENAL SAMORE	33.869,03	0,01%
	380.749.405,36	

CARNES	FOB	PORCENTAJE
SAN ANTONIO	181.616.256,90	76,06%
VALPARAISO	52.715.934,33	22,08%
SAN VICENTE	2.804.181,32	1,17%
LOS LIBERTADORES	953.053,79	0,36%
LIRQUEN	408.072,50	0,17%
CARDENAL SAMORE	305.550,78	0,13%
AEROP.A.M.BENITEZ	74.729,05	0,03%
	238.787.788,68	100,00%

Celulosa	FOB	PORCENTAJE
CORONEL	417.623.601,86	47,35%
LIRQUEN	261.326.906,94	29,63%
SAN VICENTE	159.654.771,82	17,99%
TALCAHUANO	25.793.537,67	2,92%
LOS LIBERTADORES	17.798.319,31	2,02%
SAN ANTONIO	658.533,19	0,07%
VALPARAISO	47.510,06	0,01%

Cereales y semillas	FOB	PORCENTAJE
AEROP.A.M.BENITEZ	47.477.409,14	26,72%
VALPARAISO	42.518.739,67	23,98%
SAN ANTONIO	42.546.303,16	23,94%
SAN VICENTE	17.142.614,67	9,65%
LIRQUEN	13.180.886,56	7,42%
DORONEL	8.395.946,55	4,72%
LOS LIBERTADORES	5.513.992,25	3,10%
TALCAHUANO	836.621,01	0,47%
	177.712.513,01	100,00%

Cobre y otros minerales	FOB	PORCENTAJE
SAN ANTONIO	703.657.168,86	41,76%
VALPARAISO	602.153.152,81	35,73%
VENTANAS	297.243.086,87	17,64%
LOS LIBERTADORES	81.224.571,84	4,82%
SAN VICENTE	458.746,49	0,03%
AEROP.A.M.BENITEZ	444.716,86	0,03%
LIRQUEN	10.004,58	0,00%
	1.685.201.448,31	100,00%

Flores	FOB	PORCENTAJE
SAN ANTONIO	10.485.754,25	68,49%
AEROP.A.M.BENITEZ	3.488.278,07	22,78%
LOS LIBERTADORES	558.180,90	3,71%
VALPARAISO	355.617,54	2,32%
SAN VICENTE	322.848,58	2,11%
LIRQUEN	89.652,53	0,59%
	15.310.341,88	100,00%

# **ANEXO 4**

## **CALCULO MULTICRITERIO**

### **A.4.1.- CÁLCULO MATRIZ COMPARACIÓN CRITERIOS AMBIENTAL Y SOCIAL**



## CRITERIO RELACIÓN CIUDAD-PUERTO

### MATRIZ CONCEPTO Y ESCALA

CONCEPTO	ESCALA
MUY ALTO	9
ALTO	7
MEDIO	5
BAJO	3
MUY BAJO	1

### CONCEPTO PONDERACIÓN PROMEDIO RELACIÓN CIUDAD-PUERTO

	CONCEPTO	PUNTUACION
Puerto de Lirquén	MUY ALTO	8,60
Puerto de Talcahuano	ALTO	7,13
Puerto de San Vicente	MUY ALTO	8,20
Puerto de Coronel	MEDIO	5,53
Bahía de Concepción	MUY BAJO	1,57
Bahía de San Vicente	BAJO	3,00
Camino a Coronel	MUY BAJO	1,57

### MATRIZ DE COMPARACION PARES CRITERIO RELACIÓN CIUDAD-PUERTO

	PUERTO LIRQUEN	PUERTO THNO.	PUERTO SAN VCTE.	PUERTO CORONEL	BAHÍA CONCEP.	BAHÍA SAN VCTE	CAMINO CORONEL
Puerto de Lirquén	1	1	1	1/2	1/5	1/3	1/6
Puerto de Talcahuano	1	1	1	1/2	1/5	1/2	1/5
Puerto de San Vicente	1	1	1	1	1/5	1/3	1/5
Puerto de Coronel	2	1	1	1	1/4	1/2	1/4
Bahía de Concepción	5	5	5	4	1	2	1
Bahía de San Vicente	3	2	3	2	1/2	1	1/2
Camino a Coronel	5	5	5	4	1	2	1
SUMA COLUMNA	18	16	17	13	3 1/3	6 2/3	3 1/3

### MATRIZ NORMALIZADA CIUDAD-PUERTO

	PUERTO LIRQUEN	PUERTO THNO.	PUERTO SAN VCTE.	PUERTO CORONEL	BAHÍA CONCEP.	BAHÍA SAN VCTE	CAMINO CORONEL	VECTOR DE PRIORIDAD
Puerto de Lirquén	0,0556	0,0625	0,0588	0,0385	0,0597	0,0500	0,0503	0,0536
Puerto de Talcahuano	0,0556	0,0625	0,0588	0,0385	0,0597	0,0750	0,0603	0,0586
Puerto de San Vicente	0,0556	0,0625	0,0588	0,0769	0,0597	0,0500	0,0603	0,0605
Puerto de Coronel	0,1111	0,0625	0,0588	0,0769	0,0746	0,0750	0,0754	0,0763
Bahía de Concepción	0,2778	0,3125	0,2941	0,3077	0,2985	0,3000	0,3015	0,2989
Bahía de San Vicente	0,1667	0,1250	0,1765	0,1538	0,1493	0,1500	0,1508	0,1531
Camino a Coronel	0,2778	0,3125	0,2941	0,3077	0,2985	0,3000	0,3015	0,2989

## MATRIZ PARA OBTENCION DE n max CIUDAD-PUERTO

	PUERTO LIRQUEN	PUERTO THNO.	PUERTO SAN VCTE.	PUERTO CORONEL	BAHIA CONCEP.	BAHIA SAN VCTE	CAMINO CORONEL	VECTOR DE PRIORIDAD	A x V.F
Puerto de Lirquén	1	1	1	1/2	1/5	1/3	1/6	0,054	0,372
Puerto de Talcahuano	1	1	1	1/2	1/5	1/2	1/5	0,059	0,407
Puerto de San Vicente	1	1	1	1	1/5	1/3	1/5	0,061	0,420
Puerto de Coronel	2	1	1	1	1/4	1/2	1/4	0,076	0,529
Bahía de Concepción	5	5	5	4	1	2	1	0,299	2,073
Bahía de San Vicente	3	2	3	2	1/2	1	1/2	0,153	1,064
Camino a Coronel	5	5	5	4	1	2	1	0,299	2,073

n max	6,9380
-------	--------

CALCULO VERIFICACIÓN DE CONSISTENCIA  
MATRIZ COMPARACIÓN CIUDAD-PUERTO

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$$

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$IA = \frac{1,98 (n - 2)}{N}$$

$$IC = 0,010330402$$

$$RC = 0,0073043$$

$$IA = 1,414285714$$

## CRITERIO AMBIENTAL

### CONCEPTO PONDERACIÓN PROMEDIO AMBIENTAL

	CONCEPTO	PUNTUACION	R
Puerto de Lirquén	MEDIO	5,00	2
Puerto de Talcahuano	ALTO	7,27	6
Puerto de San Vicente	ALTO	6,87	3
Puerto de Coronel	ALTO	7,00	5
Bahía de Concepción	MUY ALTO	8,73	7
Bahía de San Vicente	ALTO	6,87	4
Camino a Coronel	BAJO	3,00	1

### MATRIZ DE COMPARACION POR PARES PARA CRITERIO AMBIENTAL

	PUERTO LIRQUEN	PUERTO THNO.	PUERTO SAN VCTE.	PUERTO CORONEL	BAHÍA CONCEP.	BAHÍA SAN VCTE	CAMINO CORONEL
Puerto de Lirquén	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	0,20	0,13
Puerto de Talcahuano	1,00	1,00	1,00	0,17	0,33	0,17	0,17
Puerto de San Vicente	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,20	0,14
Puerto de Coronel	5,00	6,00	4,00	1,00	1,00	1,00	0,50
Bahía de Concepción	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	0,50	0,33
Bahía de San Vicente	5,00	6,00	5,00	1,00	2,00	1,00	0,50
Camino a Coronel	8,00	6,00	7,00	2,00	3,00	2,00	3,00
SUMA COLUMNA	24,00	24,00	22,00	5,62	8,00	5,07	4,77

### MATRIZ PARA OBTENCION DE n max

	PUERTO LIRQUEN	PUERTO THNO.	PUERTO SAN VCTE.	PUERTO CORONEL	BAHÍA CONCEP.	BAHÍA SAN VCTE	CAMINO CORONEL	VECTOR DE PRIORIDAD	A x V.P.
Puerto de Lirquén	1	1	1	1/5	1/3	1/5	1/8	0,0388	0,2821
Puerto de Talcahuano	1	1	1	1/6	1/3	1/6	1/6	0,0383	0,2852
Puerto de San Vicente	1	1	1	1/4	1/3	1/5	1/7	0,0406	0,2977
Puerto de Coronel	5	6	4	1	1	1	1/2	0,1779	1,2788
Bahía de Concepción	3	3	3	1	1	1/2	1/3	0,1226	0,8813
Bahía de San Vicente	5	6	5	1	2	1	1/2	0,2023	1,4420
Camino a Coronel	8	6	7	2	3	2	3	0,3795	3,0913

### CÁLCULO VERIFICACIÓN DE CONSISTENCIA MATRIZ COMPARACIÓN CRITERIO AMBIENTAL

n max	7,5585
-------	--------

$$IC = \frac{n_{\max} - n}{n - 1}$$

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$$IA = \frac{1,98 (n - 2)}{n}$$

$$IC = 0,09308$$

$$IA = 1,41429$$

$$RC = 0,06582$$

### INSTITUCIONES EN QUE SE REALIZÓ ENCUESTA EN ENTREVISTA

1	PERSONAL EMPRESA PORTUARIA LIRQUEN S.A.
2	PERSONAL EMPRESA PORTUARIA TALCAHUANO Y SAN VICENTE
3	PERSONAL PUERTO DE CORONEL S.A.
4	PERSONAL EMPRESA COMPAÑÍA DE ACERO DEL PACÍFICO S.A.
5	JUNTA DE VECINO DE CORONEL PLAYA LO ROJA
6	JUNTA DE VECINO DE LOTA
7	JUNTA DE VECINO DE LENGUA, HUALPÉN
8	JUNTA DE VECINO DE PENCO
9	GOBERNACION REGIONAL DE LA REGIÓN DEL BÍO BÍO
10	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CONCEPCION
11	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE HUALPÉN
12	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PENCO
13	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE TALCAHUANO
14	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CORONEL
15	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE LOTA

La encuesta fue realizada en presencia del autor con explicación en todos los casos.



**FORMATO ENCUESTA**

ENCUESTA PARA CONOCER OPINIÓN RESPECTO A LA IMPORTANCIA DE LOS EFECTOS A LAS PERSONAS QUE HABITAN EN EL LUGAR PRODUCTOS DE UN EVENTUAL ACTIVIDAD PORTUARIA.

MARQUE CON X EL GRADO DE IMPORTANCIA QUE USTED LE ATRIBUYE A CADA LUGAR

LUGAR A LOCALIZAR UNA TERMINAL	MUY BAJA IMPORTANCIA	BAJA IMPORTANCIA	MEDIANA IMPORTANCIA	ALTA IMPORTANCIA	MUY ALTA IMPORTANCIA
Puerto de Lirquén					
Puerto de Talcahuano					
Puerto de San Vicente					
Puerto de Coronel					
Bahía de Concepción					
Bahía de San Vicente					
Camino a Coronel					

## CONSOLIDACION RESPUESTAS ENCUESTAS RESPECTO MEDIO AMBIENTE

LOCALIZACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Puerto de Lirquén	MEDIO	ALTO	MEDIO	M ALTO	BAJO	M ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Puerto de Talcahuano	ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO	M ALTO	M ALTO	ALTO	ALTO
Puerto de San Vicente	M ALTO	M ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO	MEDIO	M ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO
Puerto de Coronel	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	M ALTO	M ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	M ALTO	ALTO
Bahía de Concepción	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	ALTO	M ALTO	ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO
Bahía de San Vicente	MUY ALTO	ALTO	M ALTO	M ALTO	MEDIO	ALTO	MEDIO	M ALTO	M ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Camino a Coronel	MEDIO	MEDIO	BAJO	M BAJO	M BAJO	BAJO	M BAJO	BAJO	M BAJO	BAJO	M BAJO	MEDIO	MEDIO	BAJO	MEDIO

## PROMEDIO CONCEPTO PONDERACIÓN IMPORTANCIA AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	P
Puerto de Lirquén	5	7	5	9	3	9	5	5	5	5	5	3	3	3	3	5,00
Puerto de Talcahuano	7	9	9	9	5	7	5	7	7	5	7	9	9	7	7	7,27
Puerto de San Vicente	9	9	7	7	5	7	5	9	7	5	7	7	7	7	5	6,87
Puerto de Coronel	7	7	7	7	7	7	5	9	9	5	7	7	5	9	7	7,00
Bahía de Concepción	9	9	9	9	7	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	8,73
Bahía de San Vicente	1	7	9	9	5	7	5	9	9	7	7	7	7	7	7	6,87
Camino a Coronel	5	5	3	1	1	3	1	3	1	3	1	5	5	3	5	3,00

## CONSOLIDACION RESPUESTAS ENCUESTAS RESPECTO RELACIÓN CIUDAD-PUERTO

LOCALIZACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Puerto de Lirquén	ALTO	M ALTO	ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	ALTO	M ALTO	M ALTO
Puerto de Talcahuano	ALTO	M ALTO	ALTO	M ALTO	MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO	M ALTO	M ALTO	ALTO	ALTO
Puerto de San Vicente	M ALTO	M ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	M ALTO	ALTO	M ALTO	ALTO	ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO	M ALTO
Puerto de Coronel	MEDIO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO	M BAJO	MEDIO	M ALTO	M ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO
Bahía de Concepción	M BAJO	BAJO	M BAJO	M BAJO	BAJO	M BAJO	M BAJO	BAJO	-	BAJO	M BAJO	M BAJO	M BAJO	M BAJO	M BAJO
Bahía de San Vicente	BAJO	M BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	BAJO	MEDIO	M BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	M BAJO	BAJO	MEDIO	BAJO
Camino a Coronel	M BAJO	M BAJO	-	M BAJO	M BAJO	BAJO	M BAJO	BAJO	M BAJO	M BAJO	M BAJO	BAJO	M BAJO	BAJO	M BAJO

### PROMEDIO CONCEPTO PONDERACIÓN IMPORTANCIA RELACIÓN CIUDAD-PUERTO

LOCALIZACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	P
Puerto de Lirquén	7	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	9	9	8,60
Puerto de Talcahuano	7	9	7	9	5	7	5	7	7	5	7	9	9	7	7	7,13
Puerto de San Vicente	9	9	7	7	7	9	7	9	7	7	9	9	9	9	9	8,20
Puerto de Coronel	5	3	5	5	7	1	5	9	9	5	7	7	5	3	7	5,53
Bahía de Concepción	1	3	1	1	3	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1,53
Bahía de San Vicente	3	1	3	3	5	3	5	1	3	3	3	1	3	5	3	3,00
Camino a Coronel	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	1	1,53



# **ANEXO 4**

## **CALCULO MULTICRITERIO**

### **A.4.2.- CÁLCULO MATRIZ PRIORIDADES DE ALTERNATIVAS**



## CALCULO PRIORIDADES (LA SOLUCIÓN)

### PONDERACIONES PESOS CRITERIOS

	ECONOMICO DIRECTO	ECONOMICO EXTERNO	AMBIENTE	REACION CIUDAD-PTO.
ECONOMICO DIRECTO	1	3	6	6
ECONOMICO EXTERNO	1/3	1	2	2
AMBIENTE	1/6	1/2	1	1
RELACION CIUDAD-PTO.	1/6	1/2	1	1

### DETERMINACIÓN DE LOS PESOS

	ECONOMICO DIRECTO	ECONOMICO EXTERNO	AMBIENTE	REACION CIUDAD-PTO.	VECTOR PRIORIDAD
ECONOMICO DIRECTO	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000
ECONOMICO EXTERNO	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
AMBIENTE	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
RELACION CIUDAD-PTO.	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000

### MULTIPLICACIÓN PRIORIDADES POR ALTERNATIVA POR PESO DE CADA CRITERIO

	ECONOMICO DIRECTO	ECONOMICO EXTERNO	AMBIENTE	RELACION CIUDAD-PTO.	CRITERIOS	
Puerto de Lirquén	0,075	0,223	0,111	0,257	EC. DIRECT	0,6000
Puerto de Talcahuano	0,171	0,177	0,156	0,200	EC. EXTER	0,2000
Puerto de San Vicente	0,080	0,177	0,156	0,257	AMBIENTE	0,1000
Puerto de Coronel	0,051	0,034	0,156	0,143	R. C-PTO.	0,1000
Bahía de Concepción	0,277	0,177	0,200	0,029		
Bahía de San Vicente	0,207	0,177	0,156	0,086		
Camino a Coronel	0,139	0,034	0,067	0,029		

### OBTENCIÓN VECTOR DE PRIORIDADES

ALTERNATIVAS LOCALIZACION	PESO PONDERADO	RANKING
Puerto de Lirquén	0,126	4
Puerto de Talcahuano	0,173	5
Puerto de San Vicente	0,124	3
Puerto de Coronel	0,067	1
Bahía de Concepción	0,225	7
Bahía de San Vicente	0,184	6
Camino a Coronel	0,100	2





## **ANEXO 5**

### **CONVENIOS COMERCIO EXTERIOR Y DATOS DE ECONOMÍA**

#### **A.5.1.- CONVENIO COMERCIO EXTERIOR ENTRE CHILE Y OTROS PAÍSES**



## **ACUERDOS COMERCIALES DE LA REPUBLICA DE CHILE**

### **1.- ACUERDO DE LIBRE COMERCIO CHILE - EEUU**

Chile ha convenido numerosos acuerdos comerciales, ya sea asumiendo la forma de tratados de Libre Comercio, como los celebrados con Canadá y Mexico, los que obedecen a una estructura muy similar a la que presenta el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN o NAFTA en inglés), que recientemente se entregó la noticia de que el parlamento norte americano aprobó la firma de la propuesta de convenio.

### **2.-ACUERDO DE ASOCIACIÓN ENTRE CHILE Y LA COMUNIDAD EUROPEA**

El Acuerdo Marco de Cooperación Chile – Unión Europea fue suscrito en Florencia, Italia, el 21 de junio de 1996. En términos generales, este acuerdo establece las condiciones necesarias para la liberalización progresiva y recíproca de todos los intercambios, con el fin de sentar las bases de un proceso destinado a establecer en el futuro una asociación de carácter político y económico entre Chile y la Unión Europea.

Esta asociación, fundada en una cooperación política profunda, tendrá en cuenta la sensibilidad de determinados productos y se hará en conformidad con las normas de la Organización Mundial del Comercio, y basada en el fomento de las inversiones y la profundización de la cooperación.

De esta manera, el acuerdo no constituye aún una asociación entre las partes, pero sí genera el fundamento necesario para avanzar hacia ese objetivo.

Este acuerdo es de carácter mixto, por cuanto involucra las competencias específicas de la Comisión europea (en particular para los temas de cooperación para el desarrollo de comercio de bienes) y las competencias de sus países miembros (diálogo político, inversiones, servicios, propiedad intelectual, entre otros).

El acuerdo incorpora a su esfera de acción cuatro ámbitos fundamentales: político, comercial, económico y de la cooperación. En el caso específico del ámbito económico – comercial se incorporarán temas como:

- El comercio de bienes y servicios, especialmente aquellos destinados a incrementar la relación bilateral (transportes, financieros, comunicaciones).
- Desarrollo de inversiones mutuas.
- Propiedad intelectual y medio ambiente.
- Cooperación aduanera, transportes, telecomunicaciones y sociedad de la información.

Cabe señalar que en el ámbito de la cooperación, junto a su carácter de mecanismos de apoyo para las políticas de desarrollo social se extiende hacia el campo empresarial, científico-técnico e institucional.

### **3.- ACUERDO DE LIBRE COMERCIO CHILE - COREA**

El Gobierno de la República de Chile (Chile) y el Gobierno de la República de Corea (Corea). Comprometidos a fortalecer los lazos especiales de amistad y cooperación entre sus respectivas naciones; Compartiendo la idea de que un Acuerdo de Libre Comercio tendrá por resultado beneficios mutuos para cada país y contribuirá a la expansión y desarrollo del comercio internacional bajo el sistema multilateral de comercio que representa el Acuerdo de Marrakech mediante el cual se creó la Organización Mundial de Comercio ("Acuerdo OMC"); Desarrollando sus respectivos derechos y obligaciones en virtud del Acuerdo de la Organización Mundial de Comercio y otros instrumentos de cooperación multilateral, regional y bilateral, incluida la APEC; Resueltos a promover el intercambio y las inversiones recíprocas mediante el establecimiento de reglas comerciales claras mutuamente provechosas, evitando los obstáculos a la inversión y el comercio; Reconociendo que este Tratado deberá implementarse con miras a elevar el nivel de vida, crear nuevas oportunidades de trabajo, promover el desarrollo sustentable en forma congruente con la protección y preservación del medio ambiente; Comprometidos a promover el bienestar público dentro de sus respectivos países; y Deseosos de fortalecer el desarrollo de la economía de mercado en forma paralela con la democracia al interior de sus respectivos países, han acordado establecer una zona de libre comercio.

Las Partes del Tratado, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo XXIV del Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio de 1994 (GATT) y el

Artículo V del Acuerdo General sobre el Comercio de Servicios (GATS), que son parte del Acuerdo sobre la OMC, establecen una zona de libre comercio.

Los objetivos del Tratado, desarrollados de manera más específica a través de sus principios y reglas, incluidos los de trato nacional, trato de nación más favorecida y transparencia, son los siguientes:

- a. Estimular la expansión y la diversificación del intercambio comercial entre las Partes;
- b. Eliminar obstáculos al comercio y facilitar el movimiento transfronterizo de bienes y de servicios entre los territorios de las Partes;
- c. promover condiciones de competencia leal en la zona de libre comercio;
- d. Aumentar substancialmente las oportunidades de inversión entre los territorios de las Partes;
- e. Proporcionar protección adecuada y eficaz para los derechos de propiedad intelectual y para el cumplimiento de los mismos en el territorio de cada Parte;
- f. Crear procedimientos eficaces para la aplicación y cumplimiento del presente Tratado, para su administración conjunta y para la solución de controversias; y
- g. Establecer un marco para la ulterior cooperación bilateral y multilateral con el fin de ampliar y mejorar los beneficios del presente Tratado.

Estos objetivos deberán cumplirse de acuerdo a lo suscrito por los países partícipes que interpretarán y aplicarán las disposiciones establecidos en los objetivos de conformidad con las normas aplicables del derecho internacional.

El tratado se confirma en cuanto a los derechos y obligaciones existentes entre los países firmantes conforme al Acuerdo de la Organización Mundial del Comercio y otros acuerdos internacionales de los que ambas sean parte.

#### **4.- ACUERDO CHILE- CANADÁ**

El Acuerdo de Chile – Canadá consta de dos tratados, los que entraron en vigencia el 5 de julio de 1997:

- Libre Comercio, suscrito en Santiago el 5 de diciembre de 1996.
- Cooperación Ambiental y Laboral, suscritos en Ottawa el 6 de febrero de 1997.

El acuerdo comercial reduce los aranceles de ambas partes, eliminándose en forma inmediata más del 80% de los gravámenes que afectan al comercio bilateral.

Más del 92% de las exportaciones chilenas a Canadá ingresan con arancel cero desde el primer día de entrada en vigencia del acuerdo. El resto de los productos estarán exentos de arancel en un plazo de entre 2 y 6 años, es decir, culminará el proceso este año (2003).

Aproximadamente, el 70% de las importaciones procedentes de Canadá se desgravaron en forma inmediata. El resto de los productos irá eliminando sus aranceles en un tiempo que va desde los 2 a 18 años. En este grupo se encuentran, por ejemplo, productos agrícolas y manufacturados que se desgravarán en plazos entre 6 y 7 años. Un número limitado de productos agrícolas y derivados del petróleo se desgravarán en períodos de 10 años o más.

Si bien existen algunos productos exceptuados del acuerdo; aves, huevos y lácteos, Canadá cuenta con una cuota para dichos productos, con cero arancel, a la que Chile puede acceder.

Las normas de origen de este acuerdo se basaron en las reglas del NAFTA, pero se flexibilizaron en aquellos productos en que Chile o Canadá presentaban eventualmente problemas para cumplirlas, con el propósito de no restringir las oportunidades comerciales.

El tratado garantiza el cumplimiento de la normativa a través de la fiscalización y total reglamentación de los procedimientos que deben ser utilizados en cada caso. La certificación será realizada por los exportadores y no por una entidad certificadora. El acuerdo agrega nuevos compromisos que reducen importantes barreras no arancelarias, como subsidios, procedimientos aduaneros engorrosos y otros mecanismos discrecionales.

Establece la obligación de adoptar medidas que prohíban prácticas monopólicas, mantiene un ambiente de sana competencia en el mercado interno y se elimina gradualmente la posibilidad de utilizar derechos antidumping.

Los acuerdos de Cooperación Laboral y Ambiental buscan mantener la soberanía para determinar la propia legislación e imponen una adecuada fiscalización. No establece vínculos entre la liberalización del comercio y los estándares laborales y medioambientales. Si el Gobierno no cumple con su obligación legal de fiscalización, será éste quien deberá destinar recursos para mejorar dicha falencia, lo que irá en directo beneficio de los trabajadores y del medio ambiente.

En este último caso, se establece un marco ambiental que sea compatible con las condiciones necesarias para el desarrollo económico y el progreso de cada país. Se respeta la autonomía de cada una de las partes, ya que no hay una imposición unilateral y tampoco se obliga a armonizar los estándares medioambientales entre ambos países.

La obligación contraída es la de respetar las propias leyes. No se incluye en estos acuerdos la legislación relacionada con la extracción de recursos naturales.

El acuerdo laboral se basa en promover la cooperación entre las partes, privilegiar el cumplimiento de las leyes de cada país, no imponer leyes comunes ni su homologación, no penalizar a particulares por eventuales incumplimientos, y no imponer sanciones de tipo comercial.

## **5.- ACUERDO DE COMPLEMENTACIÓN ECONÓMICA CON PAÍSES SUDAMERICANOS**

Chile ha firmado Acuerdos de Complementación Económica (ACE) con México, Venezuela, Colombia, Ecuador, Bolivia y MERCOSUR.(Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay). Todos ellos desarrollados bajo la tuición de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), que fue creado por el tratado de Montevideo de 1980.

### **5.1.- ACUERDO CHILE – MÉXICO (ACE N°17)**

El acuerdo de Complementación Económica (ACE) con México fue suscrito en Santiago el 27 de septiembre de 1991 y entró en vigencia el 1° de enero de 1992.

El programa de liberación de este acuerdo plantea:

- Una desgravación rápida, de 4 años, para la mayor parte de los productos, los cuales llegaron a arancel cero el 1° de enero de 1996.
- Una desgravación lenta, de 6 años, para una cantidad menor de bienes, que culminó su desgravación el 1° de enero de 1998.
- Para el sector automotor se plantea un régimen especial, desgravado totalmente al 1° de enero de 1996, con un régimen de origen espacial, que establece un 32% de contenido regional sobre el valor FOB para que sea originario del país.

Por otra parte, el acuerdo contiene 100 ítems en excepciones por parte de Chile y otro tanto por parte de México. Entre los principales bienes exceptuados se encuentran lácteos, trigo, cebada malteada, aceite comestible, petróleo y combustible refinado, textiles y confecciones.

Durante 1997 se inició un proceso de negociación cuyo objetivo fue el desmantelamiento de las listas de excepciones, y la ampliación y profundización del acuerdo mediante la modernización de sus normas y disciplinas comerciales, así como la incorporación de nuevos temas como comercio de servicios, propiedad intelectual y compras de Gobierno.

Entre 1991 y 1998 el comercio Chile- México ha crecido un 25%. Las exportaciones chilenas han aumentado en un 234% y las importaciones desde México cayeron en dicho período un 8%. Hasta 1994 el crecimiento del comercio fue muy equilibrado, pero a partir de las crisis financiera mexicana y la devaluación de su moneda, se produce un importante crecimiento de las importaciones desde México y una caída brusca de las exportaciones chilenas a ese mercado, sin embargo, a partir de 1996 estas han ofrecido un fuerte repunte.

## **5.2.- ACUERDO CHILE – VENEZUELA (ACE N°23)**

El Acuerdo de Complementación Económica entre Chile y Venezuela fue suscrito en Santiago el 2 de abril de 1993 y entró en vigencia el 1° de julio de 1993.

El programa establece básicamente dos cronogramas de desgravación:

- Desgravación general de tres años y medio, para el 90% del universo arancelario, que alcanzó el arancel cero el 1° de enero de 1997.
- Desgravación lenta de cinco años y medio, que llegará a arancel cero el 1° de enero de 1999.
- En el caso del sector automotor, este tuvo un arancel cero en forma inmediata, es decir, a contar del 1° de julio de 1993, considerando un régimen de origen de 35% de contenido regional sobre valor FOB.

El acuerdo contiene 100 ítems de excepciones entre los que se destacan: lácteos, trigo, maíz, aceites combustibles, azúcar, cigarrillos, carbón, petróleo crudo y



combustibles refinados, productos químicos y petroquímicos, maderas, vidrios, cerámicas y motocicletas.

Se ha iniciado con Venezuela el dismantelamiento gradual de la lista de excepciones aún vigente. Desde el año de la firma del acuerdo hasta 1996 el intercambio comercial ha crecido un 120%. Las exportaciones chilenas han aumentado en un 88% y las importaciones venezolanas lo han hecho en un 139%, a partir de dicho año el intercambio comercial ha caído un 9%; con un alza de 25% de las exportaciones, pero una baja de 25% en las importaciones. Luego, entre 1996 y 1998 el comercio entre ambos países sufre una caída de 7%; con un 8% de aumento en las exportaciones y una baja de 20% en las importaciones.

### **5.3.- ACUERDO CHILE – COLOMBIA (ACE N°24)**

El Acuerdo de Complementación Económica entre Chile y Colombia fue firmado en Santiago el 6 de diciembre de 1993 y entró en vigencia el 1° de enero de 1994.

El programa establece básicamente dos cronogramas de desgravación:

- El general con un plazo de 3 años, que alcanzó arancel cero el 1° de enero de 1997.
- El lento, de 5 años, que eliminará totalmente los aranceles el 1° de enero de 1999.

El sector automotor fue liberado de aranceles en forma total a partir de la entrada en vigencia del acuerdo, el 1° de enero de 1994, y debe cumplir una norma de origen del 40% sobre el valor FOB exportado.

Las principales excepciones del acuerdo estaban constituidas por: carnes bovina, porcina y de aves, lácteos, leguminosas, trigo, maíz, arroz, azúcar, aceite y harina de pescado, aceites comestibles, productos químicos y petroquímicos, carbón, petróleo crudo y combustibles refinados, tableros de fibra de madera, cerámicos y vidrios.

En mayo de 1997 la Comisión Administradora acordó el total dismantelamiento de las excepciones, estableciéndose diversos cronogramas de desgravación que va desde una apertura inmediata hasta una lista bastante lenta a partir del décimo hasta el decimoquinto año. Después de los 15 años, todo el comercio bilateral tendrá arancel cero. Desde el año en que se firma el acuerdo hasta 1996 el comercio recíproco experimenta un aumento del 146%. Las exportaciones chilenas han aumentado un

172% y las importaciones lo han hecho en un 127%. Luego entre 1996 y 1998 el comercio entre ambos países sufre una caída de 7%; con un 8% de aumento en las exportaciones y una baja de 20% en las importaciones.

#### **5.4.- ACUERDO CHILE – ECUADOR (ACE N°32)**

El Acuerdo de Complementación Económica entre Chile y Ecuador fue suscrito en Quito el 20 de diciembre de 1994 y entró en vigencia el 1° de enero de 1995. El programa de liberación comercial considera tres modalidades de desgravación:

- Desgravación inmediata.
- Desgravación general, de 3 años, la que considera la mayor parte del comercio, quedando a partir del segundo trimestre de 1998 la mayor parte del comercio bilateral con Ecuador libre de arancel.
- Desgravación lenta, de 5 años, que culminará el año 2000.
- El sector automotor tiene un arancel cero a partir del 1° de enero de 1997, con un régimen de origen del 35% del valor FOB.

La lista de excepciones considera unos 200 ítems e incluye productos tales como: carnes bovina, porcina y aves, lácteos, trigo, maíz, arroz, aceites comestibles, azúcar, carbón, petróleo crudo y combustible refinado, neumáticos.

En el período 1996-1998 el comercio entre ambos países ha caído un 7%, producto de las exportaciones (35%) y la baja en importaciones de 33%.

#### **5.5.- ACUERDO CHILE – BOLIVIA (ACE N°22)**

El Acuerdo de Complementación Económica entre Chile y Bolivia fue suscrito en Santa Cruz el 6 de abril de 1993 y entró en vigencia el 1° de julio de ese mismo año. Se trata de un Acuerdo de Alcance Parcial, a través del cual las partes se otorgan preferencias selectivas.

Originalmente se contemplaron dentro del acuerdo 360 ítems, a los que en la negociación efectuada en julio de 1997, se le agregaron otros 300 ítems adicionales. Entre los nuevos productos incorporados se destacan el plomo y el estaño a favor de

Bolivia. Además, se amplió el cupo a la torta de soya boliviana y se eliminó el cupo del algodón.

Este acuerdo en particular cuenta con varios protocolos adicionales:

- Cooperación Turística.
- Acuerdo de Promoción y Protección de Inversiones (aún no aprobado por congresos respectivos).
- Acuerdo de Fomento y Promoción del Comercio.
- Acuerdo Zoo – Fitosanitario.

A partir de 1996 hasta 1998 el comercio con Bolivia creció un 19%; las exportaciones crecieron 21% y las importaciones desde Bolivia fueron muy bajas en el período.

### **5.6.- ACUERDO CHILE – MERCOSUR (ACE N°35)**

El Acuerdo de Complementación Económica entre Chile y MERCOSUR (formado por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay) fue firmado en San Luis, Argentina, el 25 de junio de 1996 y entró en vigencia el 1° de octubre de ese mismo año. Se trata de un Acuerdo de Alcance Parcial, a través del cual las partes se otorgan preferencias selectivas.

Los objetivos del acuerdo son:

- Libre circulación de bienes y servicios.
- Facilitar la plena utilización de los factores productivos en el espacio económico ampliado.
- Impulsar las inversiones recíprocas.
- Promover el desarrollo y utilización de la infraestructura física, así como la complementación y cooperación económica, energética, científica y tecnológica.

El acuerdo establece que todo el comercio de bienes circulará libre de gravámenes arancelario entre MERCOSUR y Chile, reconociendo distintos plazos para lograrlo. Dentro del cronograma de desgravación existe:

- Desgravación general, de 8 años, que parte con una preferencia inicial del 40%.
- Una lista de productos sensible, a 10 años, que comienza con una rebaja de un 30% congelada por tres años y que luego continúa con una reducción tarifaria lineal.
- Una lista de especial sensibilidad, con tres años de gracia sin desgravación inicial y luego con una desgravación lineal del cuarto al décimo año.
- Una lista de alta sensibilidad, que se desgrava en forma lineal del año 10 al año 15. El azúcar es un caso especial de esta lista, pues su desgravación se inicia el año 11 y culmina el año 16. En el caso del trigo y harina de trigo, su desgravación debe materializarse en el año 18, definiéndose al octavo año su mecánica de desgravación.
- Sector automotor tiene un tratamiento especial, ya que su programa de liberación deberá ser acordado por las partes en un plazo de tres años (que se cumple año 2000).

El acuerdo resguarda el llamado patrimonio histórico, constituido por las preferencias bilaterales que existían con anterioridad, las que fueron multilateralizadas.

El esperado incremento del comercio entre las partes hace previsible imaginar el surgimiento de controversias sobre la implantación, aplicación o cumplimiento de los aspectos del acuerdo. Para esto se establece un Régimen de Solución de Controversias que contempla un procedimiento de consultas directas entre las partes, paneles de experto y arbitraje.

Junto con el acuerdo se firmó un Protocolo sobre Integración Física que tiene por objeto:

- Facilitación del tránsito de personas y mercaderías.
- Facilitación del intercambio comercial recíproco y hacia terceros países, mediante el desarrollo y mejoramiento de interconexiones de tránsito bioceánicas e intrazona.

En un segundo Protocolo, Chile se sumó a la denominada Cláusula Democrática de MERCOSUR, que habilita a los miembros a suspender los beneficios otorgados a un estado socio en caso de ruptura del orden democrático.

### **5.7.- CHILE Y ALCA**

El Area de Libre Comercio de las Américas (ALCA), será un acuerdo integral, que eliminará las barreras al comercio de bienes y servicios y a los flujos de inversión, y proveerá altos niveles de disciplinas en áreas tales como derechos de propiedad intelectual, compras de gobierno, etc. Es una forma de integración diferente en la que participan países desarrollados y en desarrollo a través de una relación basada en concesiones equivalentes y donde el proceso de liberalización del comercio está basado en concesiones comerciales recíprocas (no unilaterales).

Hace más de dos años se está en negociaciones que incluyen 34 países de las Américas, con el propósito de crear un Area de Libre Comercio para el 2005.

Una vez que el ALCA entre en vigencia representará un mercado de más de 750 millones de personas y tendrá un Producto Interno Bruto superior a US\$ 9 billones.



## **ANEXO 4**

### **CONVENIOS COMERCIO EXTERIOR Y DATOS DE ECONOMÍA**

#### **A.5.2.- DATOS DE ECONOMÍA DE CHILE**





**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: PRODUCTO INTERNO BRUTO***(tasa de crecimiento porcentual, millones de dólares de 1995)*

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002 (datos prelimina res)	2003 (proyec ción)
<b>América Latina y el Caribe</b>	<b>3.7</b>	<b>5.1</b>	<b>2.2</b>	<b>0.5</b>	<b>3.8</b>	<b>0.3</b>	<b>-0.6</b>	<b>2.0</b>
<b>Subtotal América Latina</b>	<b>3.8</b>	<b>5.2</b>	<b>2.2</b>	<b>0.5 9</b>	<b>3.8</b>	<b>0.3 -</b>	<b>0.7</b>	<b>1.9</b>
Argentina	5.5	8.0	3.8	-3.4	-0.8	-4.4	-10.8	4.0
Bolivia	4.5	4.9	5.0	0.3	2.3	1.3	2.8	2.0
Brasil	2.5	3.1	0.1	1.0	4.0	1.5	1.5	1.8
Chile	6.9	6.8	3.3	-0.7	4.4	2.8	2.1	3.5
Colombia	1.9	3.3	0.8	-3.8	2.2	1.4	1.6	2.0
Costa Rica	0.8	5.4	8.3	8.0	2.2	1.0	2.8	2.0
Ecuador	2.3	3.9	1.0	-7.9	2.3	6.0	3.4	2.0
Salvador	1.8	4.2	3.8	3.4	2.1	1.9	2.3	2.5
Guatemala	3.0	4.4	5.1	3.9	3.4	2.4	2.0	2.0
Honduras	3.7	4.9	3.3	-1.5	4.8	2.7	2.0	2.5
México	5.4	6.8	5.0	3.7	6.8	-0.4	0.9	2.4
Nicaragua	5.1	5.4	4.1	7.4	6.4	3.0	1.0	1.5
Panamá	2.7	4.7	4.6	3.5	2.6	0.4	0.4	1.5
Paraguay	1.1	2.4	-0.6	-0.1	-0.6	2.4	-3.0	-1.0
Perú	2.5	6.8	-0.5	0.9	3.0	0.2	5.2	4.0
Rep. Dominicana	7.2	8.2	7.4	7.8	7.3	2.7	4.2	2.5
Uruguay	5.0	5.4	4.4	-3.4	-1.9	-3.4	-10.8	-2.5
Venezuela	-0.4	7.4	0.7	-5.8	3.8	2.9	-8.8	-10.0
<b>Subtotal Caribe</b>	<b>2.6</b>	<b>2.0</b>	<b>3.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.5</b>	<b>1.8</b>	<b>1.9</b>	<b>2.8</b>
Barbados	2.5	2.6	4.0	3.0	3.1	-2.2	-0.4	1.5
Dominica	2.9	2.2	3.1	1.3	0.7	-5.2	-6.0	1.0
Granada	3.0	4.3	7.6	7.5	6.5	-3.3	3.0	2.0
Guyana	7.4	6.8	-2.2	5.0	-2.3	2.3	2.0	1.5
Jamaica	-0.1	-1.8	-0.8	0.6	1.0	1.8	2.0	2.0
Saint Kitts y Nevis	5.8	7.2	1.1	3.5	5.0	2.0	-2.5	2.0
Santa Lucía	0.8	-0.3	3.0	2.8	0.3	-5.0	1.0	1.8
Trinidad y Tabago	4.4	4.0	7.8	4.4	6.1	3.3	2.7	4.0

**Fuente:** División de Estadística y Proyecciones Económicas-CEPAL, 2003.

